

[www.mihansaze.com](http://www.mihansaze.com)

میهن سازه وب سایت تخصصی

مهندسين عمران و معماری

ارائه جزوات درسی کاردانی، کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری

مجهز به تالار گفتمان فعال با حضور پیگیرانه مدیران سایت

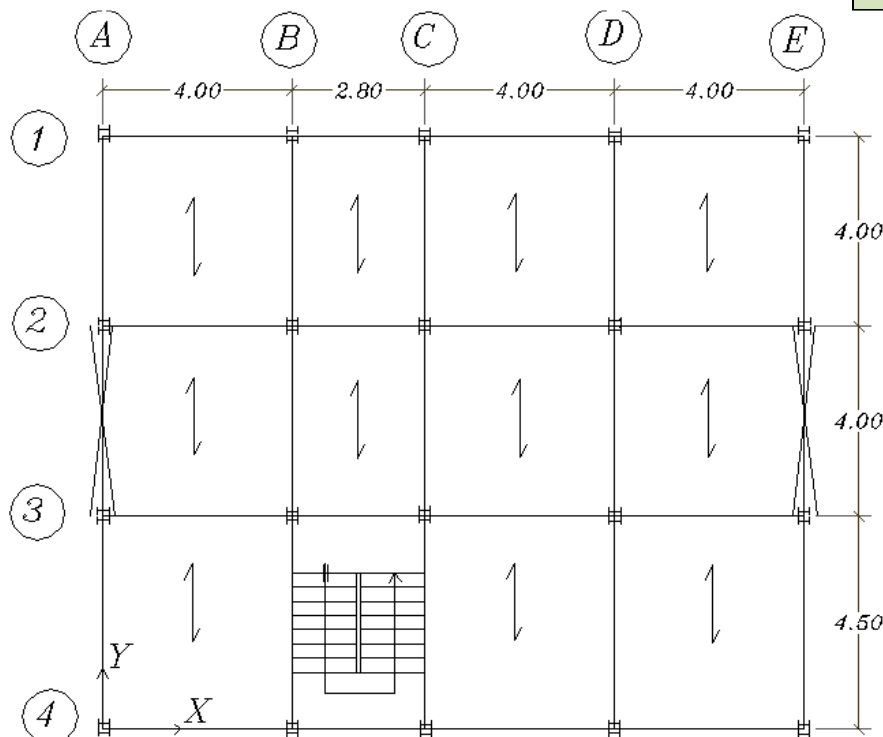
ارائه کتاب های تخصصی فارسی و لاتین

ارائه پروژه های بتن، فولاد، راه و ...

فروشگاه تخصصی

مدل سازی، تحلیل و طراحی ساختمان فولادی چهار طبقه (سه طبقه روی پیلوت + خرپشته) توسط نرم افزار Etabs9.5

### الف) توضیحات



شکل ۱-۱- پلان آکس بندی

**نکته:** با توجه به اینکه تعداد ستون‌ها در جهت X بیشتر است پس سختی در جهت X بیشتر است. پس منطقی است در صورتی که بخواهیم بادبند در سازه قرار دهیم، بادبندها را در جهت Y قرار دهیم. همچنین علت عدم قرار دهی بادبند در راستای X ملاحظات معماری بوده است. پس قاب خمشی تنها راه ممکن برای تحمل بارهای جانبی جهت X می‌باشد. از جمله مزیت‌های قرار دادن بادبند در دهانه‌های میانی، اولاً کم شدن میزان نیروی بلندشدگی ستون‌ها به دلیل بیشتر بودن نیروی ثقلی در این ستون‌ها است. ثانیاً نزدیک شدن مرکز جرم به مرکز سختی و به وجود نیامدن نیروی پیچشی در ساختمان است.

**توجه:** ارتفاع خرپشته از روی دال بتنی سقف برابر یک متر فرض می‌شود.

**توجه:** در طبقه همکف ۳۰ سانتیمتر کفسازی برای عبور تاسیسات و فاضلاب روی فونداسیون در نظر گرفته می‌شود. که مقداری از پله هم در آن مدفون است.

**نکته:** چون اتاق راه‌پله ما کناری می‌باشد، نیازی به وجود تیر تراز طبقه (B4-C4) نیست. اما قرار دادن آن در جهت اطمینان است. در این پروژه این تیر مدل نشده است.

**نکته:** طبق جدول ۹-۱۴-۲ مبحث نهم ص ۲۵۴ (۱۳۸۸)، حداقل ضخامت سقف‌های تیرچه بلوک (بلوک + دال بتنی) با تکیه‌گاه‌های ساده از دو طرف باید از یک بیستم طول دهانه بیشتر باشد. در این پروژه بزرگترین طول دهانه ۴/۵ متر است پس:

$$t \geq \frac{L}{20} = \frac{450}{20} = 22.5 \text{ cm}$$

که ما در جهت اطمینان ۲۰ سانتی متر بلوک و ۵ سانتی متر دال بتنی (در مجموع ۲۵ سانتی متر) در نظر گرفتیم.

## ۱- معرفی پروژه

در این پروژه یک ساختمان ۴ طبقه فولادی در شهر قائمشهر طراحی می گردد. کاربری ساختمان مسکونی می باشد. طبقه اول این ساختمان، انباری و پارکینگ و بقیه طبقات مسکونی می باشد. نوع خاک محل اجرای ساختمان از نوع ۳ و خطر لرزه خیزی این شهر از نوع زیاد است. سیستم انتقال بار ثقلی کف های طبقات، سقف تیرچه بلوک (بلوک سیمانی) می باشد. سیستم مقاوم در برابر بارهای ثقلی سقف تیرچه بلوک و سیستم مقاوم باربر جانبی در جهت X قاب خمشی فولادی متوسط و در جهت Y قاب مهار بندی هم محور می باشد.

**توجه:** تیرهای جهت Y دو سر مفصل و تیرهای جهت X دو سر گیردار هستند (به جزء تیرهای پاگرد اتاق راه پله که اساساً مفصلی بوده و پله ها تنها بارهای ثقلی را منتقل می کنند. تیر تراز نیم طبقه راه پله (B4-C4) از آنجایی که با سایر تیرهای قاب هم تراز نیست بهتر است به صورت مفصلی اجرا شود. همچنین تمامی تیرهای خرپشته را مفصلی در نظر می گیریم. اصولاً برای جلوگیری از ایجاد پیچش در اتصالات تیر به تیر بهتر است اتصالات مفصلی باشد در ضمن باید متذکر شد که ایجاد اتصالات گیردار تیر به تیر در سازه های فولادی بسیار مشکل است).

**توجه:** در واقع نیروی زلزله جهت Y را فقط بادبندها و نیروی زلزله جهت X را قاب خمشی تحمل می کند. پس ستون ها تحت نیروی زلزله، لنگر حول محور Y دارند اما لنگری حول محور X ندارند. در ضمن با توجه به جهت تیرچه ریزی سقف نیز لنگری حول محور Y و همچنین لنگر ناچیزی ناشی از وزن تیرهای جهت X حول محور Y ستون ها ایجاد می شود. تنها لنگری که حول محور X اتفاق می افتد (که لنگر ناچیزی هم است) وزن تیرهای در جهت Y است. در واقع ستون ها حول X فقط ستون بوده (یعنی تنها بار محوری دارند) و ستون ها حول Y تیر-ستون (یعنی بار محوری و لنگر خمشی دارند) می باشند.

**توجه:** اتصال تیرهای جهت Y به ستون ها (در قاب های ساده) بدون صلبیت است و فقط برای انتقال برش ناشی از بارهای قائم به ستون ها می باشد.

**توجه:** در صورتی که تیرهای جهت Y را دو سر گیردار بگیریم، سیستم سازه در جهت Y، دو گانه یا ترکیبی می شود.

**توجه:** اگر در هر دو راستا بادبند قرار دهیم، خیلی اقتصادی می شود. در این حالت وزن سازه حدود ۳۰ درصد کمتر از وزن پروژه حاضر می شود و تیرهای هر دو راستا دو سر مفصل هستند و ستون ها تنها بار ثقلی تحمل می کنند.

**توجه:** ستون های دوبل IPE طوری باید در پلان قرار داده شوند که محور قوی آنها (محور با مصالحشان)، محور لنگر ناشی از نیروی زلزله وارده در جهت عمود بر نیروی زلزله تحمیلی توسط بادبندها باشد.

**توجه:** از لحاظ عملی اجرای تیرهای باربر (تیرهای حمال یا تیرهای اصلی) روی بال ستونها مناسبتر است.

**توجه:** در طراحی سازه پروژه از مقاطع تک IPE برای تیرها، از مقاطع 2IPE با فاصله (برای اجرای ورق پیوستگی) برای ستون ها و از مقاطع 2UNP برای بادبندها استفاده خواهد شد. معمولاً در اکثر ساختمان های رائج در کشور از چنین مقاطعی استفاده می شود. انتخاب مقاطع به شرایط بازار و عوامل اجرایی بستگی دارد. در صورت نیاز برای تعبیه تیرهای لانه زنبوری، بهتر است آنها را در راستایی که قاب ساده است قرار داد. چون اولاً به تیرهای این جهت نیروی برشی زیاد ناشی از زلزله وارد نمی شود و ثانیاً چون در آن راستا نیروی محوری ای در تیرها به وجود نمی آید (البته به جزء دهانه های دارای بادبند) تا ضعف محوری تیرهای لانه زنبوری به علت سطح مقطع کم آن مسئله ساز شود.

**نکته:** طبق بند ۱۰-۳-۱-۱-۱ مبحث دهم، در ستون های قاب های خمشی ویژه، استفاده از مقطع متشکل از چند نیم رخ بست دار مجاز نیست. اجرای مقطع ستون باید در تمامی طول آن به صورت پیوسته به یکدیگر متصل شوند. اما طبق بند ۱۰-۳-۸-۲، در ستون های قاب های خمشی متوسط، استفاده از مقطع متشکل از چند نیم رخ بست دار مجاز است، مشروط بر آنکه خمش در ستون حول محور با مصالح باشد. همچنین طبق بند ۱۰-۳-۸-۳، چون در قاب های خمشی معمولی انتظار تغییر شکل های فرار تجاعی در برابر نیروی جانبی زلزله نمی رود می توان از مقطع متشکل از چند نیم رخ بست دار استفاده کرد.

## ۲- آیین نامه های مورد استفاده در این پروژه

بارگذاری ثقلی: مبحث ششم مقررات ملی ساختمان (سال ۸۵)

بارگذاری جانبی: آیین نامه ۲۸۰۰ ایران (ویرایش سوم)

کنترل تحلیل سازه: مبحث دهم مقررات ملی ساختمان (سال ۸۷) و آیین نامه ۲۸۰۰ ایران

طراحی اسکلت سازه: آیین نامه UBC97-ASD

کنترل طراحی سازه: مبحث دهم مقررات ملی ساختمان

**توجه:** طبق بند ۱۰-۳-۸-۲-۱ قسمت ب از مبحث دهم، در ستون ها استفاده از مقطع متشکل از چند نیمرخ بست دار مجاز است، مشروط بر آنکه خمش در ستون حول محور با مصالح باشد. همچنین طبق مبحث دهم، استفاده از تیر آهن دویل برای ستون ها زمانی مجاز است که حتماً در جهت محور ضعیف ستون دویل، بادبند داشته باشیم. در غیر این صورت باید از مقاطع BOX برای طراحی قاب خمشی در دو جهت استفاده کرد.

## ۳- بارگذاری

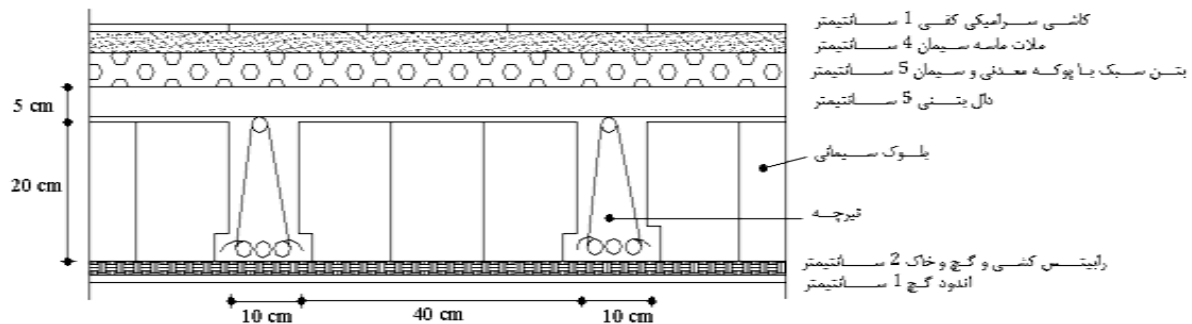
بارهای وارد بر سازه به دو بخش بارهای ثقلی و بارهای جانبی تقسیم می شوند.

### ۳-۱- بارهای ثقلی

بارهای ثقلی وارد بر ساختمان شامل بارهای مرده و زنده می باشد. مقدار بارهای مرده بر اساس جزئیات اجرایی سقف ها و دیوارها و مقدار بارهای زنده بر اساس کاربری قسمت های مختلف ساختمان از مبحث ششم مقررات ملی ساختمان تعیین می گردد.

**نکته:** توزیع بار کف ها به تیرها، به صورت خودکار توسط برنامه Etabs انجام می گیرد و فقط کاربر کافی است که مقدار بار مرده، بار زنده و در صورت نیاز بار معادل تیغه بندی را به نرم افزار معرفی کند.

### الف) سقف ها



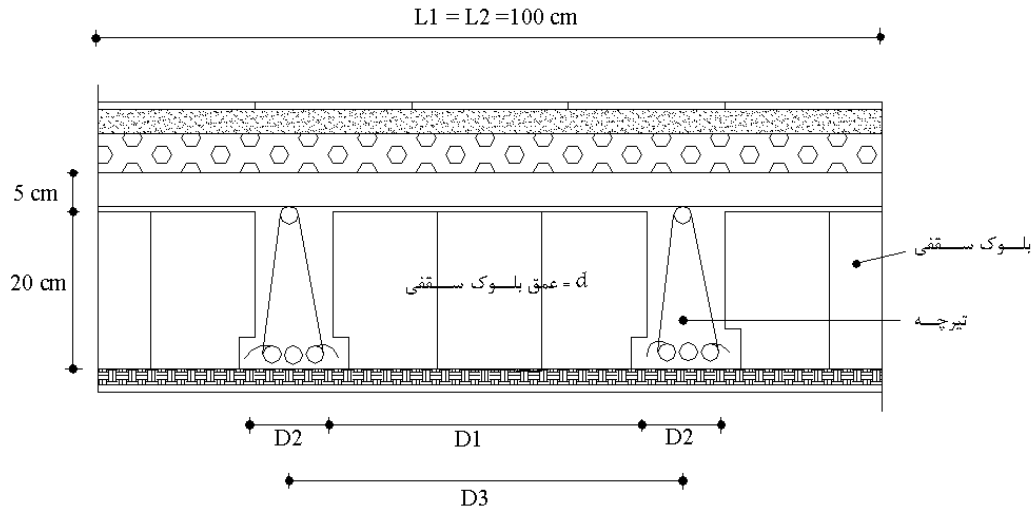
شکل ۱-۲- جزئیات مقطع سقف طبقات

$$w = 0.01 \times 2100 + 0.04 \times 2100 + 0.05 \times 600 + 0.05 \times 2500 + \frac{100}{50} \times 0.1 \times 0.2 \times 2500 + 10 \times 12 + 40 + 0.01 \times 1300 = 533 \frac{kg}{m^2}$$

**نکته ۱:** دال بتنی و تیرچه بتن مسلح می باشند (ضخامت اولیه سازه ای سقف (تیرچه + دال) ۲۵ سانتی متر فرض شد).

**نکته ۲:** بعد عمود بر کاغذ بلوک سیمانی ۲۰ سانتیمتر است.

**نکته ۳:** تعداد بلوک سقفی با ابعاد مشخص که در هر متر مربع جای می گیرد از فرمول  $n = \frac{L_2}{dD_1} \left( L_1 - \frac{L_1}{D_3} D_2 \right)$  به دست می آید که  $L_2$  بعد واحد عمود بر کاغذ است.

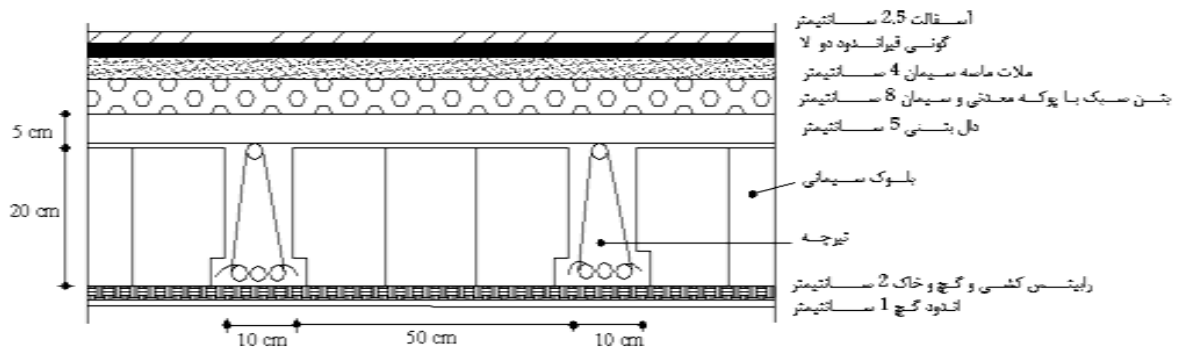


شکل ۱-۳- محاسبه تعداد بلوک سقفی در هر متر مربع

$$n = \frac{100}{20 \times 40} \left( 100 - \frac{100}{50} 10 \right) = 10 \text{ عدد}$$

وزن هر بلوک سیمانی هم ۱۲ کیلوگرم فرض می‌شود.

**نکته ۴:** وزن واحد سطح رابیتس کشی با گچ و خاک در حدود ۴۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است. (مرجع: کتاب سید بهزاد طلایی طباء).



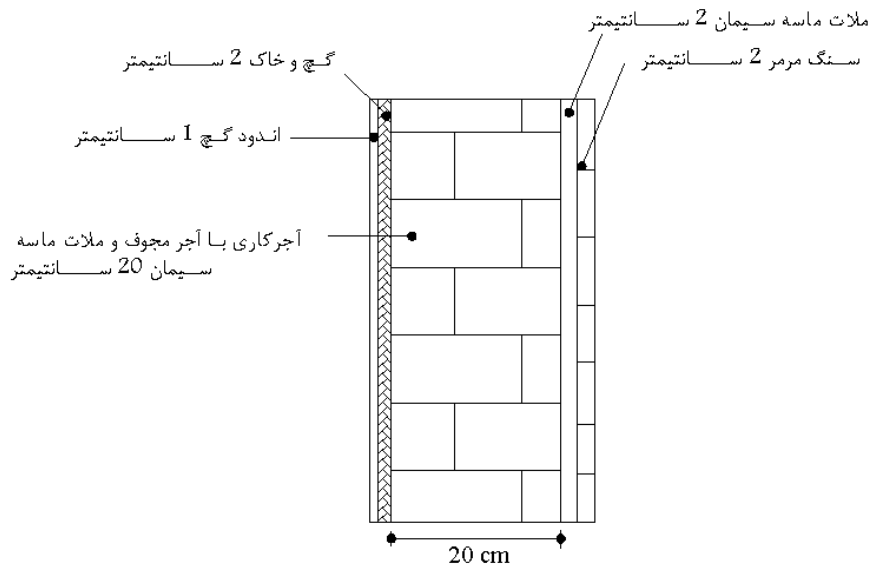
شکل ۱-۴- جزئیات مقطع سقف بام

$$w = 0.025 \times 2200 + 15 + 0.04 \times 2100 + 0.08 \times 600 + 0.05 \times 2500 + \frac{100}{50} \times 0.1 \times 0.2 \times 2500 + 10 \times 12 + 40 + 0.01 \times 1300 = 600 \frac{kg}{m^2}$$

برای سقف بام با توجه به وجود شیب‌بندی، به ضخامت پوکه‌ریزی بیشتری نسبت به طبقات عادی نیاز است.

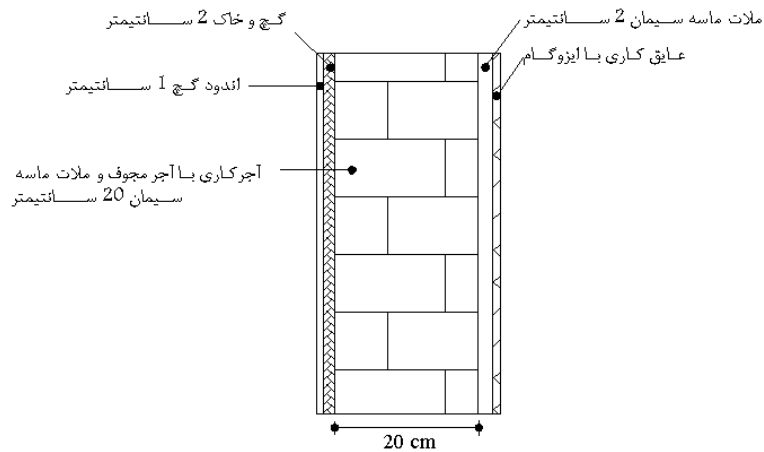
## ب) دیوارها

××× منظور از آجر مجوف، آجر سفال سوراخ‌دار است.



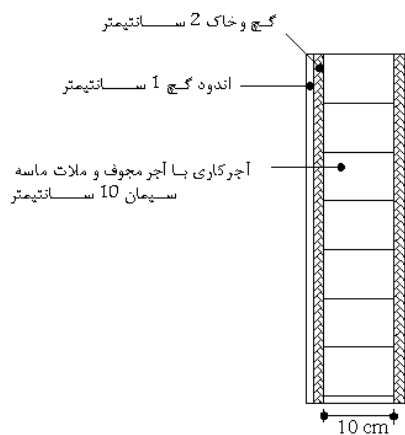
شکل ۱-۵- مقطع دیوار ۲۰ سانتی نمادار

$$w = 0.02 \times 2700 + 0.02 \times 2100 + 0.2 \times 850 + 0.02 \times 1600 + 0.01 \times 1300 = 311 \frac{kg}{m^2}$$



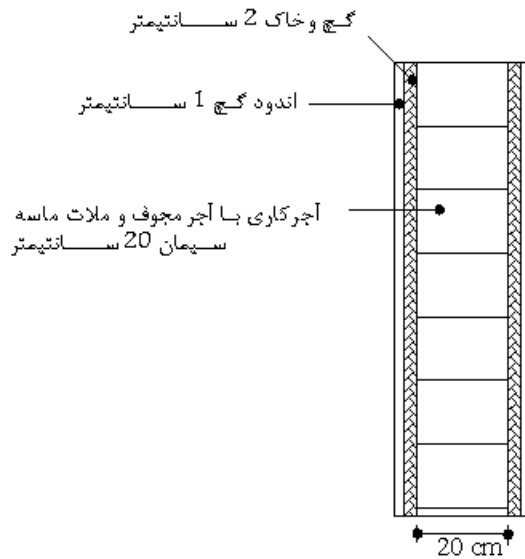
شکل ۱-۶- مقطع دیوار ۲۰ سانتی بدون نما

$$w = 0.2 \times 850 + 0.02 \times 1600 + 0.01 \times 1300 + 0.02 \times 2100 + 5 = 262 \frac{kg}{m^2}$$



شکل ۱-۷- مقطع دیوار ۱۰ سانتی داخلی (پارتیشن ۱۰ سانتی)

$$w = 0.1 \times 850 + 2 \times 0.02 \times 1600 + 2 \times 0.01 \times 1300 = 175 \frac{kg}{m^2}$$

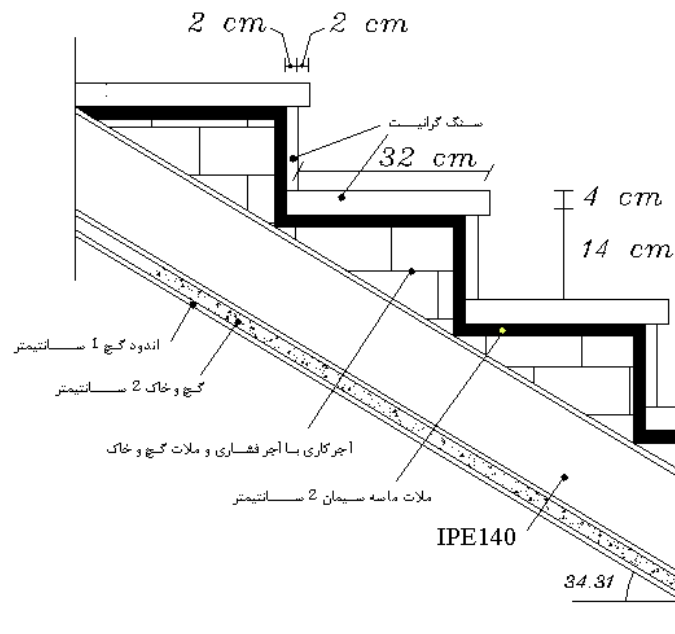


شکل ۸-۱- مقطع دیوار ۲۰ سانتی اتاق راه پله

$$w = 0.2 \times 850 + 2 \times 0.02 \times 1600 + 2 \times 0.01 \times 1300 = 260 \frac{kg}{m^2}$$

**توجه:** برای جلوگیری از انتقال سر و صدای عبور و مرور در اتاق راه پله به واحدها، ضخامت این دیوارها را ۲۰ سانتیمتر در نظر می گیرند.

### ج) راه پله



شکل ۹-۱- نمای پله

وزن یک متر عرض (عمود بر کاغذ) از یک پله را در ابتدا به دست می آوریم:

$0.34 \times 0.04 \times 2500 \times 1 = 34 \text{ kg}$	سنگ کف پله (سنگ تراورتن)
$0.14 \times 0.02 \times 2500 \times 1 = 7 \text{ kg}$	سنگ پیشانی پله (سنگ تراورتن)

$\frac{1}{2} \times 0.3 \times 0.18 \times 1750 \times 1 = 47 \text{ kg}$	آجر کاری با آجر فشاری و ملات گچ و خاک
$\frac{1}{2} \times 0.32 \times 0.16 \times 2100 \times 1 = 54 \text{ kg}$	ملات ماسه سیمان سنگ کاری
$2 \times 15.8 \times \frac{0.32}{\cos 34.31} \times 1 = 12 \text{ kg}$	تیر آهن (IPE16)
$0.14 \times \frac{0.32}{\cos 34.31} \times 1750 \times 1 = 92 \text{ kg}$	طاق ضربی (آجر کاری با آجر فشاری و ملات گچ و خاک)
$0.02 \times \frac{0.32}{\cos 34.31} \times 1600 \times 1 = 12 \text{ kg}$	گچ و خاک
$0.01 \times \frac{0.32}{\cos 34.31} \times 1300 \times 1 = 5 \text{ kg}$	اندود گچ
<b>263 kg</b>	<b>وزن کل</b>

با توجه به این که در هر متر از طول (طول مایل) پله  $(\frac{1}{0.3})$  ۳/۳۳ جای می گیرد پس وزن واحد سطح پله برابر است با :

$$3.33 \times 263 \cong 88$$

جدول زیر خلاصه بار گذاری عناصر سازه را نشان می دهد:

بار مرده	بار زنده	
$533 + 130 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$	$200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$	کف طبقات
$600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$	$150 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$	کف بام
$311 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$	-	دیوار ۲۰ سانتی نمادار
$262 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$	-	دیوار ۲۰ سانتی بدون نما
$175 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$	-	دیوار ۱۰ سانتی داخلی
$260 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$	-	دیوار ۲۰ سانتیمتری اتاق راه پله
$700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$	$350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$	میانگین پله و پاگرد
$260 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$	$500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$	بلوکاز روی فونداسیون

**توجه:** بار زنده بام را برابر بیشترین مقدار بین بار زنده بام  $(150 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2})$  و بار برف  $(P_r = C_s P_s = 1 \times 150 = 150 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2})$  در نظر می گیریم.

**نکته ۱:** به دلیل اینکه وزن تیغه های داخلی بین ۲۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم بر مترمربع است بار این تیغه ها را می توان به صورت بار معادل که به صورت یکنواخت بر کف ها گسترده شده است در نظر گرفت. منتهی حتماً باید اثر موضعی بار تیغه ها را به طور جداگانه در طراحی کف ها منظور داشت. یعنی باید به صورت دستی تیرچه های زیر این تیغه ها را طراحی کرد.

بار معادل تیغه بندی را باید در این پروژه به وزن کف های طبقات (به جزء بام) اضافه و بعد به کف های سازه اعمال کنیم. بار معادل تیغه بندی برای ساختمان های مسکونی معمولاً در حدود ۱۳۰ کیلوگرم بر متر مربع است.

**نکته ۲:** برای در نظر گرفتن اثر بازشوها در دیوارهای ۲۰ سانتی نمادار، اعمال ضریب ۰/۷ به بار این دیوارها معمولاً کافی می باشد. در جهت اطمینان در پروژه های معمولی بهتر است از اعمال ضریب ۰/۷ صرف نظر شود که در این پروژه نیز آن را پذیرفتیم.



**نکته ۳:** ارتفاع جان پناه معمولاً ۸۰ سانتیمتر است اما در جهت اطمینان به دلیل ضعف در اجرای دقیق ۸۰ سانتیمتر ارتفاع دیوار جان پناه را ۱۰۰ سانتیمتری فرض می کنیم.

### ۳-۲- بارهای جانبی

با توجه به منظم بودن (در ارتفاع و پلان) ساختمان و کمتر بودن ارتفاع آن از ۵۰ متر (طبق بند ۲-۲-۲ آیین نامه ۲۸۰۰ ویرایش سوم)، می توان برای محاسبه و اعمال نیروی جانبی زلزله از روش استاتیکی معادل استفاده نمود.

**نکته:** کاربر تنها ضریب زلزله (C) در هر دو جهت متعامد بر ساختمان را به نرم افزار معرفی می کند، سپس نرم افزار به طور خودکار پس از به دست آوردن وزن موثر ساختمان (W)، برش پایه را محاسبه و به طور خودکار آن را بین طبقات توزیع می نماید.

**جدول ۱- درصد میزان مشارکت بار زنده و بار برف در محاسبه نیروی جانبی زلزله**

محل بار زنده	درصد میزان بار زنده
بامهای شیبدار با شیب ۲۰٪ و بیشتر [۱]	-----
بامهای مسطح یا با شیب کمتر از ۲۰٪	۲۰
ساختمانهای مسکونی، اداری، هتل ها و پارکینگ ها	۲۰
بیمارستان ها، مدارس، فروشگاه ها و ساختمان های محل اجتماع یا ازدحام	۴۰
انبارها و کتابخانه ها	۶۰
مخازن آب و سایر مایعات	۱۰۰

[۱] در صورتی که احتمال ماندگار شدن برف بر روی این بام ها زیاد باشد، درصد مشارکت، مانند بام های مسطح در نظر گرفته شود.

**جدول ۲- نسبت شتاب مبنای طرح در مناطق با لرزه خیزی مختلف**

منطقه	توصیف	نسبت شتاب مبنای طرح (A)
۱	پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد	۳۵٪
۲	پهنه با خطر نسبی زیاد	۳۰٪
۳	پهنه با خطر نسبی متوسط	۲۵٪
۴	پهنه با خطر نسبی کم	۲۰٪

**جدول ۳- پارامترهای مربوط به روابط تعیین ضریب بازتاب**

نوع زمین	T <sub>0</sub>	T <sub>s</sub>	خطر نسبی کم و متوسط	خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد
			S	S
I	۰/۱	۰/۴	۱/۵	۱/۵
II	۰/۱	۰/۵	۱/۵	۱/۵
III	۰/۱۵	۰/۷	۱/۷۵	۱/۷۵
IV	۰/۱۵	۱	۲/۲۵	۱/۷۵

$$\begin{cases} B = 1 + S \left( \frac{T}{T_0} \right) & 0 \leq T \leq T_0 \\ B = 1 + S & T_0 \leq T \leq T_s \\ B = (1 + S) \left( \frac{T_s}{T} \right)^{\frac{2}{3}} & T \geq T_s \end{cases}$$

**نکته:** بر طبق مشاهدات تجربی نوع زمین می توان گفت:

نوع زمین	شکل	محل
I	سنگی	فیروز کوه

II	کلنگی	تهران، اصفهان، پل سفید، قم
III	گلی	مازندران
IV	باتلاقی	-

جدول ۴- مقادیر ضریب رفتار ساختمان (R)، همراه با حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان ( $H_m$ )

سیستم سازه	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی	R	$H_m$ (متر)
الف- سیستم دیوارهای باربر	۱- دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	۷	۵۰
	۲- دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	۶	۵۰
	۳- دیوارهای برشی بتن آرمه معمولی	۵	۳۰
	۴- دیوارهای برشی با مصالح بنایی مسلح	۴	۱۵
ب- سیستم قاب ساختمانی ساده	۱- دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	۸	۵۰
	۲- دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	۷	۵۰
	۳- دیوارهای برشی بتن آرمه معمولی	۵	۳۰
	۴- دیوارهای برشی با مصالح بنایی مسلح	۴	۱۵
	۵- مهاربندی برون محور فولادی [۱]	۷	۵۰
	۶- مهاربندی هم محور فولادی [۱]	۶	۵۰
پ- سیستم قاب خمشی	۱- قاب خمشی بتن آرمه ویژه [۲]	۱۰	۱۵۰
	۲- قاب خمشی بتن آرمه متوسط [۲]	۷	۵۰
	۳- قاب خمشی بتن آرمه معمولی [۲] و [۳]	۴	-
	۴- قاب خمشی فولادی ویژه [۱]	۱۰	۱۵۰
	۵- قاب خمشی فولادی متوسط [۱]	۷	۵۰
	۶- قاب خمشی فولادی معمولی [۳] و [۴]	۵	-
ت- سیستم دو گانه یا ترکیبی	۱- قاب خمشی ویژه (فولادی یا بتنی) + دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	۱۱	۲۰۰
	۲- قاب خمشی بتنی متوسط + دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	۸	۷۰
	۳- قاب خمشی فولادی متوسط + دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	۸	۷۰
	۴- قاب خمشی فولادی ویژه + مهاربندی برون محور فولادی	۱۰	۱۵۰
	۵- قاب خمشی فولادی ویژه + مهاربندی هم محور فولادی	۹	۱۵۰
	۶- قاب خمشی فولادی متوسط + مهاربندی برون محور فولادی	۷	۷۰
	۷- قاب خمشی فولادی متوسط + مهاربندی هم محور فولادی	۷	۷۰

## یادداشت‌ها

- [۱] برای تعریف این سازه ها و ضوابط مربوط به طراحی آن‌ها در برابر زلزله به مبحث دهم این مقررات مراجعه شود.
- [۲] قاب‌های خمشی بتن آرمه معمولی، متوسط و ویژه به ترتیب همان قاب‌های خمشی با شکل پذیری کم، متوسط و زیاد در آئین نامه بتن ایران «آبا» اند، با این تفاوت که در قاب‌های خمشی متوسط فاصله تنگه‌ها (خاموت‌ها) از یکدیگر در ناحیه  $L_0$  (ناحیه بحرانی) ستون‌ها، نباید بیشتر از ۱۵ سانتیمتر در نظر گرفته شود.
- [۳] استفاده از این سیستم برای ساختمان‌های «با اهمیت خیلی زیاد و زیاد» در تمام مناطق لرزه خیزی و برای ساختمان‌های «با اهمیت متوسط» در مناطق لرزه خیزی ۱ و ۲ مجاز نمی‌باشد. ارتفاع حداکثر این سیستم برای ساختمان‌های «با اهمیت متوسط» در مناطق لرزه خیزی ۳ و ۴ به ۱۵ متر محدود می‌گردد.

[۴] برای ساختمان‌های یک طبقه و یا ساختمان‌های صنعتی، «با اهمیت متوسط و کم» در تمام مناطق لرزه‌خیز تا ارتفاع ۱۸ متر مجاز است.

××× طبق یادداشت [۳]، استفاده از قاب خمشی بتن آرمه معمولی و قاب خمشی فولادی معمولی در قائمشهر مجاز نمی‌باشد.

با توجه به جداول و روابط فوق، ضریب زلزله ساختمان حاضر به صورت زیر قابل تعیین است:

### ضریب زلزله در جهت X:

$$T = 0.08H^{\frac{3}{4}} = 0.08 \times 12.8^{\frac{3}{4}} = 0.54 \text{ sec}$$

ارتفاع ساختمان از روی تراز پایه (در این پروژه از روی پی) تا بام برابر ۱۲/۸ متر است.

**نکته ۱:** طبق آیین‌نامه ۲۸۰۰، در این پروژه به دلیل کمتر بودن وزن خرپشته از ۲۵ درصد وزن بام، از ارتفاع خرپشته در محاسبه‌ی زمان تناوب اصلی ساختمان صرف‌نظر می‌شود و وزن خرپشته به وزن بام افزوده شده و در محاسبه‌ی نیروی زلزله لحاظ می‌گردد. در این پروژه شرایط به همین صورت است.

**نکته ۲:** طبق تبصره ۱ بند ۳-۲-۶ آیین‌نامه ۲۸۰۰، می‌توان زمان تناوب اصلی ساختمان را با استفاده از روشهای تحلیلی (یا کامپیوتری که پس از تحلیل سازه توسط نرم‌افزار قابل مشاهده است (روش تئوری)) یا رابطه ۲-۸ به دست آورد مشروط بر آنکه مقدار آن از ۱/۲۵ برابر زمان تناوب به دست آمده از روابط تجربی بیشتر نشود. از آن جایی که در بیشتر پروژه‌ها پریرود تحلیلی یا تئوری از پریرود تجربی (تقریبی) بیشتر است، از حداکثر مقدار پریرود (۱/۲۵) پریرود تجربی) استفاده می‌کنیم.

$$T = 1.25 \times 0.54 = 0.675 \text{ sec}$$

پس از تحلیل این انتخاب کنترل می‌گردد (در ص ۲۵).

**نکته ۳:** طبق آیین‌نامه ۲۸۰۰، در صورتیکه  $T > 0.7 \text{ sec}$ ، نیروی جانبی اضافی (نیروی شلاقی  $F_t$ ) در صورتیکه که وزن خرپشته کمتر از ۲۵ درصد وزن بام باشد، در تراز بام و در غیر این صورت در تراز سقف خرپشته اثر داده می‌شود.

$$T = 0.675 \leq 0.7 \Rightarrow F_t = 0$$

از اینجا چون  $(0.15 \leq 0.675 \leq 0.7) T_0 \leq T \leq T_S$ ، فلذا:

$$B = 1 + S = 1 + 1.75 = 2.75$$

**نکته ۴:** طبق آیین‌نامه ۲۸۰۰، برای کنترل برش پایه حداقل، باید نسبت ضریب بازتاب به ضریب رفتار ساختمان بزرگتر مساوی ۰/۱ باشد:

$$\left(\frac{B}{R} \geq 0.1\right) \text{ باشد، پس این کنترل را به صورت زیر انجام می‌دهیم:}$$

$$\frac{B}{R} = \frac{2.75}{7} = 0.393 \geq 0.1 \quad \text{OK}$$

در نتیجه:

$$C_x = \frac{ABI}{R} = \frac{0.3 \times 2.75 \times 1}{7} \cong 0.118$$

### ضریب زلزله در جهت Y:

$$T = 0.05H^{\frac{3}{4}} = 0.05 \times 12.8^{\frac{3}{4}} = 0.34 \text{ sec}$$

$$T = 1.25 \times 0.34 = 0.425 \text{ sec}$$

$$T = 0.425 \leq 0.7 \Rightarrow F_t = 0$$

$$B = 1 + S = 1 + 1.75 = 2.75$$

$$\frac{B}{R} = \frac{2.75}{7} = 0.393 \geq 0.1 \quad \text{OK}$$

$$C_y = \frac{ABI}{R} = \frac{0.3 \times 2.75 \times 1}{6} \cong 0.138$$

۶- مشخصات مصالح مصرفی در سازه	
$f'_c = 210 \times 10^4 \text{ kg/m}^2 = 210 \text{ kg/cm}^2 = 21 \text{ N/mm}^2$	مقاومت فشاری ۲۸ روزه قالب استوانه‌ای شکل بتن
$M = 245 \text{ kg/m}^3$	جرم واحد حجم بتن
$W = 2400 \text{ kgf/m}^3$	وزن واحد حجم بتن

$E = 15100\sqrt{f'_c} = 15100\sqrt{210} = 2.18 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2 = 2.18 \times 10^9 \text{ kg/m}^2$	مدول ارتجاعی بتن (ACI) $f'_c(\text{kg/cm}^2)$
$v = 0.2$	نسبت پواسون

$M = 780 \text{ kg/m}^3$	جرم واحد حجم فولاد
$W = 7850 \text{ kgf/m}^3$	وزن واحد حجم فولاد
$E = 2.1 \times 10^{10} \text{ kg/m}^2$	مدول ارتجاعی بتن (ACI) $f'_c(\text{kg/cm}^2)$
$v = 0.3$	نسبت پواسون
$F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2 = 2400 \times 10^4 \text{ kg/m}^2$	حداقل تنش تسلیم
$F_u = 3700 \text{ kg/cm}^2 = 3700 \times 10^4 \text{ kg/m}^2$	مقاومت کششی حداقل (مقاومت نهایی فولاد)

توجه: مدول برشی هم طبق فرمول  $G = \frac{E}{2(1+v)}$  تابعی از مدول ارتجاعی و ضریب پواسون است و خود برنامه به طور خودکار آنها را حساب می کند.

## ۷- بار تیغه بندی

طبق بند ۶-۲-۲ مبحث ششم، در صورتی که وزن یک متر مربع سطح تیغه های داخلی از ۲۷۵ کیلوگرم کمتر یا مساوی باشد، می توان بار تیغه ها را به صورت معادل یکنواخت به بار مرده سقف افزود. در این پروژه وزن هر متر مربع تیغه های داخلی ۱۷۵ کیلوگرم است پس چون از ۲۷۵ کمتر و از ۱۵۰ بیشتر است باید می توان آن را به صورت گسترده بر سطح اعمال کرد و علاوه بر آن باید اثر موضعی بار تیغه ها را به طور جداگانه در طراحی کف ها (طراحی تیرچه ها تحت بار دیوار) منظور داشت. در ضمن اگر وزن هر متر مربع تیغه های داخلی از ۲۷۵ کیلوگرم بیشتر باشد، استفاده از بار معادل تیغه بندی مجاز نیست و باید بار تیغه ها را در محل واقعی خود اعمال نمود. جهت محاسبه ی بار معادل تیغه بندی از رابطه ی زیر استفاده می شود:

$$\text{بار معادل گسترده تیغه ها} = \frac{W \times L \times H}{A} \geq 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

که  $W$  وزن هر متر مربع تیغه،  $L$  طول کل تیغه ها در طبقه،  $H$  ارتفاع تیغه ها در طبقه و  $A$  سطح کل طبقه (به جزء بازشوها از جمله راه پله و ...) می باشد. معمولاً بار معادل تیغه بندی ۱۳۰ کیلوگرم در هر متر مربع در نظر گرفته می شود ما هم در این پروژه از این مقدار استفاده می کنیم.

## ۸- کاهش سربار زنده

طبق بند ۶-۳-۸-۱ در کلیه کف ها به جز کف بامها، کارخانه ها، کارگاه ها، انبارها، محل پارک خودروها و محل های اجتماع و ازدحام، مقدار بار زنده را می توان بر اساس ضوابط بندهای ۶-۳-۸-۲ و ۶-۳-۸-۳ کاهش داد. مقدار کاهش در هر حالت نباید بیشتر از ۵۰ درصد باشد. با توجه به ضعف اجرا، بهتر است از این قسمت در جهت اطمینان صرف نظر کنیم. که در این پروژه نیز همینطور بوده است.

## ب) مدل سازی کامپیوتری

### ۱- مدل سازی یا ترسیم سه بعدی سازه

این پروژه با نرم افزار Etabs (Ver9.5) مدل سازی و طراحی می شود.

### گام ۱- معرفی خطوط شبکه در راستای X,Y و ارتفاع سازه

در جعبه واحدها، واحد  $\text{Kgf-m}$  را انتخاب و سپس در صورت وجود فایلی از یک پروژه آماده، می توانید با انتخاب گزینه Choose.edb تمامی مشخصات مدل قبلی به غیر از هندسه ی آن مدل را وارد مدل جدید کنید. در غیر این صورت بر روی NO کلیک کنید.

پنجره‌های زیر را عیناً کامل نمایید.

**Building Plan Grid System and Story Data Definition**

**Grid Dimensions (Plan)**

☐ Uniform Grid Spacing

Number Lines in X Direction: 5

Number Lines in Y Direction: 4

Spacing in X Direction: 4

Spacing in Y Direction: 4

☒ Custom Grid Spacing

Grid Labels... Edit Grid...

**Story Dimensions**

☐ Simple Story Data

Number of Stories: 5

Typical Story Height: 3.2

Bottom Story Height: 3.2

☒ Custom Story Data Edit Story Data...

Units: Kgf-m

**Add Structural Objects**

Steel Deck
 Staggered Truss
 Flat Slab
 Flat Slab with Perimeter Beams
 Waffle Slab
 Two Way or Ribbed Slab
 **Grid Only**

OK Cancel

شکل ۱۰-۱- معرفی خطوط شبکه در راستای X,Y و ارتفاع سازه

**Define Grid Data**

Edit Format

**X Grid Data**

	Grid ID	Spacing	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	A	4	Primary	Show	Top	
2	B	2.8	Primary	Show	Top	
3	C	4	Primary	Show	Top	
4	D	4	Primary	Show	Top	
5	E	0	Primary	Show	Top	
6						
7						
8						
9						
10						

**Y Grid Data**

	Grid ID	Spacing	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	4	4.5	Primary	Show	Left	
2	3	4	Primary	Show	Left	
3	2	4	Primary	Show	Left	
4	1	0	Primary	Show	Left	
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Units: Kgf-m

Display Grids as: ☐ Ordinate ☒ Spacing

☐ Hide All Grid Lines

☐ Glue to Grid Lines

Bubble Size: 1

Reset to Default Color

Reorder Ordinate

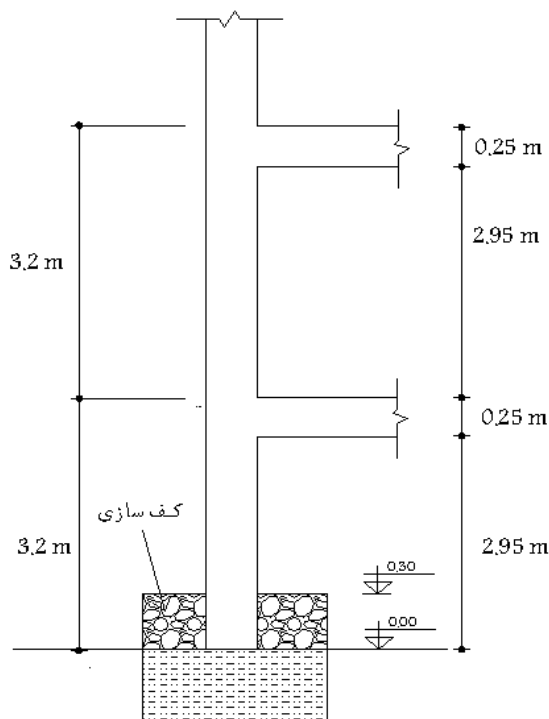
OK Cancel

شکل ۱۱-۱- معرفی خطوط شبکه در راستای X,Y

شکل ۱-۱۲- معرفی ارتفاع سازه

کاربرد بیشتر این گزینه در تحلیل غیرخطی جهت مقاوم سازی سازه‌های فولادی می‌باشد و بهتر است که در جهت اطمینان از این گزینه در محاسبات سازه‌های فولادی استفاده نشود.








**نکته:** در سازه‌های فولادی ارتفاع طبقات، فاصله‌ی سطح دال بتنی هر سقف تا سطح دال بتنی سقف بعدی می‌باشد. در طبقه‌ی اول ساختمان ارتفاع طبقه برابر با فاصله‌ی سطح بتن پی تا سطح دال بتنی سقف اول است.




شکل ۱-۱۳- معرفی ارتفاع طبقات

ارتفاع‌های نوشته شده در سمت چپ طبقه، ارتفاعی است که باید در نرم‌افزار وارد کرد.

## گام ۲- ترسیم المان‌های سازه (ستون، تیر، سقف و مهاربندها)

با استفاده از گزینه‌های  و  می‌توانید عناصر سازه را ترسیم نمایید. اما بهتر است با استفاده از گزینه‌های ترسیم سریع عناصر خطی  و ترسیم سریع ستون  و ترسیم سریع سقف  آنها را ترسیم و بعد در صورت نیاز آنها را ویرایش کنید. برای رسم تیر پاگرد نیم طبقه دکمه‌ی مغناطیسی  (Snap to Line Ends and Midpoints) فعال باشد. سپس با توجه به اینکه نیازی به تیرهای B4-C4 در تراز طبقات نداریم، با استفاده از دکمه‌ی  در قاب ۴، تیرهای B4-C4 را درآگ کرده و در وسط ارتفاع ستون هر طبقه دروپ کنید.

برای ترسیم مهاربندها از گزینه‌ی  استفاده کنید. برای این کار به قاب A و E رفته و بادبندها را با کلیک در هر دهانه و یا با ترسیم یک کادر به دور دهانه مهاربندی ترسیم می‌نماییم.

## ۲- معرفی مشخصات

### گام ۱- معرفی مشخصات مصالح

پنجره‌های زیر را عیناً کامل نمایید.

شکل ۱-۱۴- معرفی مشخصات مصالح بتنی

شکل ۱-۱۵- معرفی مشخصات مصالح فولادی

**توجه:** در این سازه فولادی، بتن تنها در سقف استفاده می شود که چون برنامه Etabs سقف را طراحی نمی کند مدول ارتجاعی بتن را مطابق ACI وارد می کنیم.

**توجه:** فولاد مورد استفاده در این پروژه، St37 (فولاد نرم ساختمانی) می باشد.

**نکته:** Cost per Unit Weight ارزش واحد حجم فولاد است که با توجه به یکسان نبودن قیمت فولاد برای کل پروفیل ها در ایران، برای ایرانیان کاربردی ندارد. فلذا با وارد کردن مقدار ۱، قیمت بی تاثیر خواهد بود و فاکتور اقتصادی را باید خودمان در نظر بگیریم.

## گام ۲ - معرفی مقاطع سقف ها، تیرها، ستون ها و بادبندها

### ۲-۱ - معرفی مقاطع سقف ها

برای کل سقف ها از تیرچه بلوک مطابق شکل زیر استفاده شده است.



شکل ۱-۱۶- معرفی مقاطع سقف‌ها

**نکته:** سقف طبقات را صلب فرض می‌کنیم. (در عمل با اجرای حداقل ۵ سانتیمتر بتن به روی سقف‌های تیرچه بلوک، سقف عملکرد صلب خواهد داشت).

## ۲-۲ - معرفی مقاطع ستون‌ها

دستور Define-Frame Sections را اجرا و از جعبه کشویی اول گزینه‌ی Import General را انتخاب و مقاطع آماده IRAN.PRO را باز کرده و سپس از پنجره‌ی باز شده مقاطع 2IP16-8-E5 , 2IP16-0-E5 , 2IP14-8-E5 , 2IP14-0-E5 , 2IP22-10-E5 , 2IP22-8-E5 , 2IP22-0-E5 , 2IP16-8-E5 , 2IP16-0-E5 , 2IP20-10-E5 , 2IP20-8-E5 , 2IP20-0-E5 را پس از ایجاد، به عنوان حدس اولیه برای ستون‌ها در نظر می‌گیریم. حال با دو OK به پنجره‌ی اصلی برمی‌گردیم. حال در پنجره‌ی اصلی از جعبه کشویی دوم، گزینه Add Auto Select List را انتخاب کرده و نام دلخواهی (مثلاً COLUMN) را برای Auto Section Name انتخاب کرده و سپس با انتخاب ۱۰ مقطع فوق دکمه‌ی Add را زده و با دو OK از این پنجره خارج می‌شویم.

**نکته:** بهتر است تعداد مقاطع حدس اولیه کمتر باشد.

شرحی راجع به نحوه‌ی نام‌گذاری مقاطع دابل IPE:

2IPE14-0-E5: یعنی دابل IPE نمره ۱۴ بدون ورق تقویتی سراسری و با بست نردبانی (تسمه) است. فاصله بین دو بال پروفیل از هم نیز ۵ سانتی‌متر است. این فاصله جهت اجرای ورق پیوستگی در ستون است.

2IPE14-8-E5: یعنی دابل IPE نمره ۱۴ با ورق تقویتی سراسری ۸ میلی‌متری و بدون بست نردبانی (تسمه) است. فاصله بین دو بال پروفیل از هم نیز ۵ سانتی‌متر است. این فاصله جهت اجرای ورق پیوستگی در ستون است.

**توجه:** مقطعی که بدون ورق تقویتی سراسری هستند، در صورت نیاز به داشتن فاصله بینایی باید بست نردبانی داشته باشند که باید توسط خودمان طراحی شود (نه برنامه). پس مقادیر جدول مقاطع مرکب (نوشته شده توسط حسن عمادی)، برای مقاطع بدون بست نردبانی است.

**۲-۳ - معرفی مقاطع تیرها**

تیرهای جهت X هم باربر ثقلی و هم باربر جانبی هستند اما تیرهای جهت Y نه باربر ثقلی و نه باربر جانبی هستند. در این پروژه به عنوان حدس اولیه از تیرهای دوبل IPE برای تیرهای جهت X و از تیرهای تک IPE برای تیرهای جهت Y استفاده می کنیم.

**الف) معرفی تیرهای جهت X**

دستور Define-Frame Sections را اجرا و از جعبه کشویی اول گزینه‌ی را Import General را انتخاب و مقاطع آماده IRAN.PRO را باز کرده و سپس از پنجره‌ی باز شده مقاطع 2IP20-0-E0 , 2IP18-0-E0 , 2IP16-0-E0 , 2IP14-0-E0 , 2IP22-0-E0 را پس از ایجاد، به عنوان حدس اولیه برای ستون‌ها در نظر می گیریم. حال با دو OK به پنجره‌ی اصلی برمی گردیم. حال در پنجره‌ی اصلی از جعبه کشویی دوم، گزینه Add Auto Select List را انتخاب کرده و نام دلخواهی (مثلاً BEAMX) را برای Auto Section Name انتخاب کرده و سپس با انتخاب ۵ مقطع فوق دکمه‌ی Add را زده و با دو OK از این پنجره خارج می شویم.

**ب) معرفی تیرهای جهت Y**

دستور Define-Frame Sections را اجرا و از جعبه کشویی اول گزینه‌ی را Import General را انتخاب و مقاطع آماده IPE.PRO را باز کرده و سپس از پنجره‌ی باز شده مقاطع IP22 , IP20 , IP18 , IP16 , IP14 را پس از تعریف، به عنوان حدس اولیه در نظر می گیریم. حال با دو OK به پنجره‌ی اصلی برمی گردیم. حال در پنجره‌ی اصلی از جعبه کشویی دوم، گزینه Add Auto Select List را انتخاب کرده و نام دلخواهی (مثلاً BEAMY) را برای Auto Section Name انتخاب کرده و سپس با انتخاب هشت مقطع فوق دکمه‌ی Add را زده و با دو OK از این پنجره خارج می شویم.

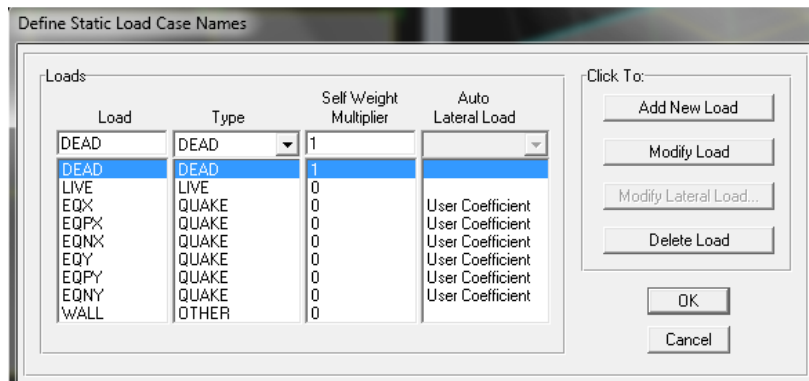
**توجه:** برای تیرهای این جهت و تیرهای مفصلی جهت x می توان از تیرهای تک لانه زنبوری (CPE) نیز استفاده کرد. چون این تیرها به علت مفصلی بودن نیروی زلزله را جذب نمی کنند فلذا در برش کنترل شده می باشند.

**۲-۴ - معرفی مقاطع بادبندها**

دستور Define-Frame Sections را اجرا و از جعبه کشویی دوم گزینه‌ی را Add Double Angle را انتخاب و از پنجره‌ی باز شده مقاطع 2UNP8 , 2UNP10 , 2UNP12 , 2UNP14 , 2UNP16 را پس از تعریف، به عنوان حدس اولیه در نظر می گیریم. حال با دو OK به پنجره‌ی اصلی برمی گردیم. حال در پنجره‌ی اصلی از جعبه کشویی دوم، گزینه Add Auto Select List را انتخاب کرده و نام دلخواهی (مثلاً BRACEU) را برای Auto Section Name انتخاب کرده و سپس با انتخاب پنج مقطع فوق دکمه‌ی Add را زده و با دو OK از این پنجره خارج می شویم.

**۲-۵ - معرفی حالات بار استاتیکی**

حالات باری که ساختمان تحت آن تحلیل و طراحی می شود شامل بارهای ثقلی و جانبی می باشد این بارها به صورت زیر در نرم افزار معرفی می گردند.



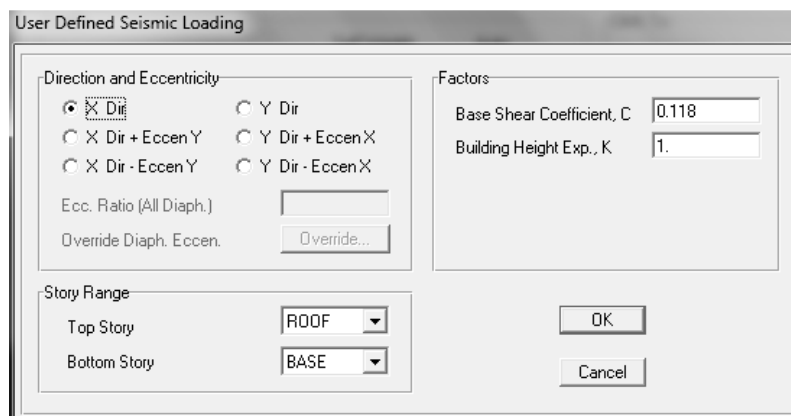
شکل ۱-۱۷- معرفی حالات بار استاتیکی

**نکته ۱:** حالت بار WALL در هیچ کدام از ترکیب بارهای طراحی سازه شرکت نمی کند (برای این کار کافی است نوع این بار را OTHER انتخاب کنیم) و تنها برای معرفی نحوه محاسبه جرم طبقات مطابق آیین نامه ۲۸۰۰ به نرم افزار معرفی می گردد.

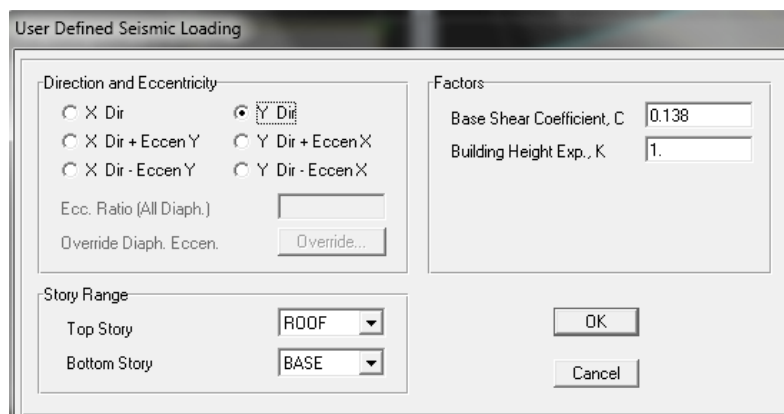
**نکته ۲:** ضریب Self Weight (Multiplier) فقط برای بار مرده ۱ و برای سایر بارها برابر صفر می باشد تا وزن اجزای سازه شامل اسکلت ساختمان (تیرها، ستون ها و سقف ها) به بار مرده افزوده گردد.

**نکته ۳:** هنگام بارگذاری سطحی سقف ها باید بار تیرچه و دال بتنی روی آن از کل بار مرده کاسته شود و بار باقی مانده (از نوع DEAD) به سقف اعمال گردد.

**نکته ۴:** به حالت بار نوع LIVE ضریب کاهش سربار اعمال نمی شود، و این ضریب به حالت بار نوع REDUCE LIVE اعمال می گردد. البته در این پروژه از کاهش سربار صرف نظر شده است.



شکل ۱-۱۸- معرفی EQX



شکل ۱-۱۹- معرفی EQY


در Top Story تراز بالای اعمال نیروی جانبی زلزله (اگر وزن خرپشته از ۲۵ درصد وزن بام کمتر باشد، باید طبقه‌ی بام را انتخاب کنیم در غیر این صورت باید طبقه‌ی خرپشته را انتخاب نمود) و در Bottom Story تراز پایین (تراز پایه) اعمال نیروی جانبی زلزله به نرم افزار معرفی می گردد.

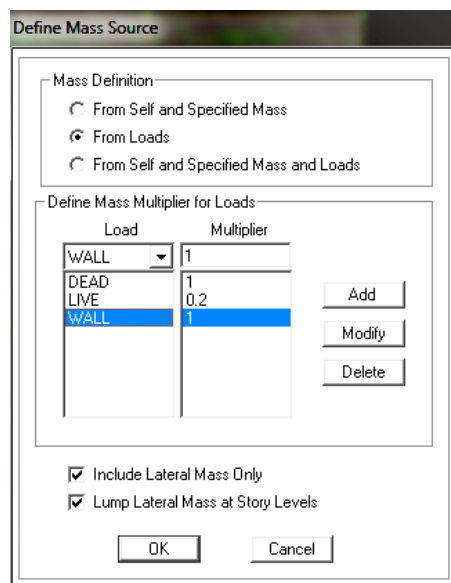
**نکته ۵:** طبق بند ۲-۳-۱۰-۳ آیین نامه ۲۸۰۰، در ساختمان‌های تا ۵ طبقه و یا کوتاه‌تر از ۱۸ متر، در مواردی که برون مرکزی نیروی جانبی طبقه در طبقات بالاتر از هر طبقه کمتر از ۵ درصد بعد ساختمان در آن طبقه در امتداد عمود بر نیروی جانبی باشد، محاسبه ساختمان در برابر لنگر پیچشی (هم لنگر پیچشی واقعی و هم لنگر پیچشی تصادفی) الزامی نیست (یعنی البته می توان در جهت اطمینان اثر پیچش واقعی و تصادفی را در تحلیل و طراحی ساختمان در نظر گرفت). لذا بهتر است که همواره در جهت اطمینان در تمام ساختمان‌ها پیچش و پیچش تصادفی در نظر گرفته شود. طبق بند ۲-۳-۱۰-۳ آیین نامه ۲۸۰۰، برون مرکزی اتفاقی در تراز هر طبقه به منظور به حساب آوردن احتمال تغییرات اتفاقی توزیع جرم و سختی از یک سو و نیروی ناشی از مولفه پیچشی زلزله از سوی دیگر، حداقل برابر ۵ درصد بعد ساختمان در آن طبقه در امتداد عمود بر نیروی جانبی در نظر گرفته می شود. در صورتی که ساختمان مشمول نامنظمی بند ۱-۸-۱-۱-۱ می شود (بعد تحلیل بررسی می شود و فعلاً نیازی به آن نداریم) برون مرکزی اتفاقی حداقل باید در ضریب بزرگنمایی ( $A_f$ ) طبق رابطه‌ی زیر ضرب شود.

$$A \quad 3-1$$

که  $\Delta_{max}$  حداکثر تغییر مکان طبقه‌ی  $i$  و  $\Delta_{ave}$  میانگین تغییر مکان دو انتهای ساختمان در طبقه‌ی  $i$  می باشد. در این پروژة اثر لنگر پیچشی (واقعی و تصادفی) لحاظ شده است. نحوه اعمال پیچش واقعی در قسمت تنظیمات پارامترهای تحلیل توضیح داده می شود.

## ۲-۶- معرفی نحوه‌ی محاسبه‌ی جرم طبقه

برنامه‌ی Etabs قادر است جرم طبقات سازه را با استفاده از بارهای ثقلی (انتخاب گزینه‌ی From Loads از پنجره Define Mass Source) وارد بر آن‌ها محاسبه کند و در محاسبه نیروی زلزله وارد بر طبقات از آن‌ها استفاده نماید. طبق جدول ۱ بند ۲-۳-۱ آیین نامه ۲۸۰۰ جرم سازه با کاربری مسکونی شامل ۱۰۰ درصد بار مرده و ۲۰ درصد بار زنده است. برای معرفی نحوه‌ی محاسبه‌ی جرم طبقه، دستور Define-Mass Source را اجرا و یا روی  کلیک نمایید، سپس مطابق تصویر زیر عیناً پنجره را کامل کنید.



شکل ۱-۲۰- معرفی نحوه محاسبه جرم

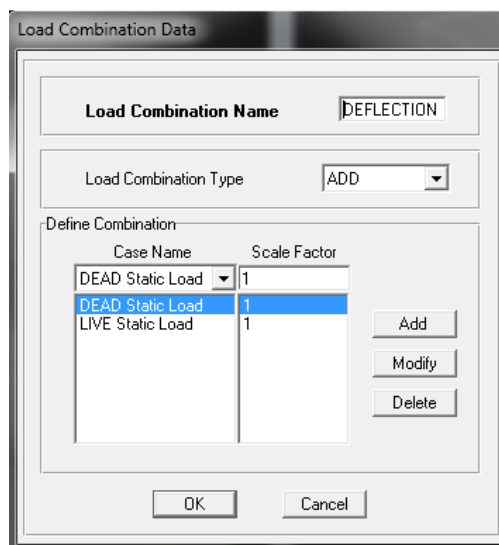
**نکته ۱:** نرم افزار Etabs چون وزن طبقات را از روی بارهای وارده محاسبه می کند اختلافی در محاسبه وزن واقعی طبقات رخ می دهد. وزن طبقه عبارت است مجموع مقادیر زیر:

۱- بارهای مرده منظور در محاسبه ی وزن طبقات: بار مرده کف، نصف بار معادل تیغه بندی بالا و پایین کف ( از نوع DEAD)، نصف بار دیوارهای پیرامونی بالا و پایین. در طبقه ی بام نیز بار مرده کف، نصف بار معادل تیغه بندی پایین کف ( از نوع WALL. چون یک بار مجازی است و در واقعیت وجود ندارد)، نصف بار دیوارهای پیرامونی پایین کف ( از نوع WALL) و بار جان پناه به این طبقه اعمال می گردد.

**نکته ۲:** با فعال کردن گزینه ی (Include Lateral Mass Only) تنها درجه های آزادی جرمی انتقالی در جهت های X,Y و دوران حول محور Z فعال خواهند شد و از نقش سایر درجات آزادی صرف نظر خواهد شد (از جمله حرکت دینامیکی قائم). مطابق بند ۲-۱-۴ آیین نامه ۲۸۰۰، ساختمان باید در دو امتداد عمود بر هم در برابر نیروهای جانبی محاسبه شود. در صورت وجود دیافراگم صلب و با فرض حرکت جانبی، تنها درجات آزادی انتقالی در جهت های X,Y و دوران حول محور Z فعال خواهند شد. درجات آزادی انتقالی جهت های X,Y برش و درجه ی آزادی دورانی حول محور Z پیش از ایجاد می کند. همچنین با فعال کردن گزینه ی (Lump Lateral Mass at Story Levels)، جرم طبقه در محل مرکز جرم متمرکز خواهد شد و نیروی زلزله به آن نقطه اعمال می گردد. این گزینه برای سقف های صلب مناسب می باشد (در سقف های تیرچه بلوک اجرای ۵ سانتیمتر دال بتنی روی تیرچه بلوک ها باعث صلب شدن سقف می گردد).

## ۲-۷- معرفی ترکیب بار جهت کنترل خیز تیرها (بار سرویس)

دستور Define-Load Combinations (DL+E) را اجرا نمائید و سپس پنجره زیر را عیناً کامل نمائید.



شکل ۱-۲۱- معرفی ترکیب بار جهت کنترل خیز تیرها

## ۲-۸- معرفی ترکیب بارها جهت طراحی سازه

دستور Define-Load Combinations (DL+E) را اجرا نمائید و سپس بارهای زیر را مطابق آیین نامه UBC97-ASD تعریف نمائید.

COMB1: DL + LL  
 COMB2,3:  $0.75DL + 0.75LL \pm 0.75EQX$   
 COMB4,5:  $0.75DL + 0.75LL \pm 0.75EQPX$   
 COMB6,7:  $0.75DL + 0.75LL \pm 0.75EQNX$   
 COMB8,9:  $0.75DL + 0.75LL \pm 0.75EQY$   
 COMB10,11:  $0.75DL + 0.75LL \pm 0.75EQPY$

COMB12,13:  $0.75DL + 0.75LL \pm 0.75EQNY$   
 COMB14,15:  $0.75DL \pm 0.75EQX$   
 COMB16,17:  $0.75DL \pm 0.75EQPX$   
 COMB18,19:  $0.75DL \pm 0.75EQNX$   
 COMB20,21:  $0.75DL \pm 0.75EQY$   
 COMB22,23:  $0.75DL \pm 0.75EQPY$   
 COMB24,25:  $0.75DL \pm 0.75EQNY$

**توجه:** آیین نامه UBC97 به مبحث دهم نزدیکتر است تا آیین نامه AISC.

## ۹-۲- تنظیم پارامترهای لرزه‌ای

دستور Define-Special Seismic Load Effects را اجرا و سپس پنجره‌ی زیر را عیناً کامل کنید.

شکل ۱-۲۲- تنظیم پارامترهای لرزه‌ای

**نکته:** سیستم مقاوم جانبی این ساختمان در جهت X قاب خمشی است که طبق جدول ۱۰-۳-۲ مبحث دهم (ص ۳۵۹)، مقدار ضریب Omega Factor (ضریب افزایشی نیروی زلزله) برابر با  $\frac{2}{8}$  می‌باشد. برای جهت Y که سیستم قاب ساده + مهاربند همگراست برابر با ۲ است. در جهت اطمینان ضریب فوق را برای کل سازه مقدار  $\frac{2}{8}$  برای هر دو جهت ساختمان وارد می‌کنیم.

## ۳- اختصاص (Assign) مشخصات

### ۳-۱- اختصاص تکیه‌گاه‌های سازه


در نمای پلان به طبقه‌ی Base رفته و با ترسیم کادری به دور پلان این طبقه، کل عناصر نقطه‌ای موجود را انتخاب نمائید. سپس دستور Assign-Joint/Point-Restraints(Supports) را اجرا نمائید. طبق شکل زیر پنجره‌ی موجود را کامل نمائید:



شکل ۱-۲۳- انتخاب اتصال گیردار برای پای ستون‌های طبقه‌ی Base


### ۳-۲- اختصاص مقاطع تیرها، ستون‌ها، سقف‌ها و بادبندها

الف) اختصاص مقاطع ستون‌ها


کل ستون‌های سازه را انتخاب کرده و سپس بر روی  کلیک و COLUMN را به آنها اختصاص می‌دهیم.

ب) اختصاص مقاطع تیرها

۱- ابتدا تیرهای جهت X

تیرهای جهت X را انتخاب کرده (با ترسیم کادرهای راست به چپ) و سپس بر روی  کلیک و BEAMX را به آنها اختصاص می‌دهیم. توجه گردد که انتخاب شدن سقف‌ها تاثیری ندارد.  
**توجه:** دقت کنید که تیرهای تراز نیم طبقه و تیر داخلی پاگرد اتاق راه پله و کلیه تیرهای خرپشته را انتخاب نکنید.


۲- ابتدا تیرهای جهت Y

تیرهای جهت Y را انتخاب کرده (با ترسیم کادرهای راست به چپ) و سپس بر روی  کلیک و BEAMY را به آنها اختصاص می‌دهیم. توجه گردد که انتخاب شدن سقف‌ها تاثیری ندارد.  
**توجه:** دقت کنید که تیرهای تراز نیم طبقه و تیر داخلی پاگرد اتاق راه پله و کلیه تیرهای خرپشته را انتخاب نکنید. به دلیل مفصلی بودن این تیرها معمولاً تیرآهن‌های تک جوابگو می‌باشند.

ج) اختصاص مقاطع سقف‌ها

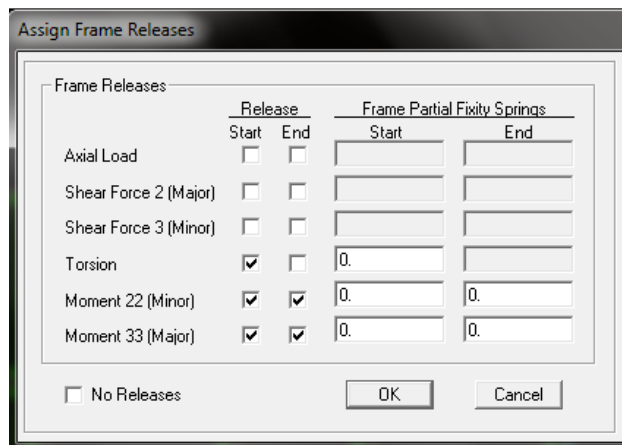
چون به طور خودکار هنگام ترسیم سقف‌ها، پیش فرض ترسیم همان Deck بوده نیازی به این اختصاص نیست.

چ) اختصاص مقاطع بادبندها

با دستور Select-by Line Object Type بادبندها را انتخاب و سپس بر روی  کلیک و BRACE را به آنها اختصاص می‌دهیم.

### ۳-۴- اختصاص اتصال مفصلی به تیرهای واقع در جهت Y، تیرهای اتاق راه پله و تیرهای خرپشته

تیرهای اتاق راه پله (تیر پاگرد بالایی و تیر تراز نیم طبقه)، چهار تیر طبقه خرپشته و با دستور Select-by Frame Sections- BeamY-OK تیرهای جهت Y را انتخاب و سپس دستور Assign-Frame/Line-Frame Releases/Partial Fixity می کنیم.



شکل ۱-۲۴- اختصاص اتصال مفصلی به تیرهای واقع در جهت Y و تیر نیم طبقه اتاق راه پله

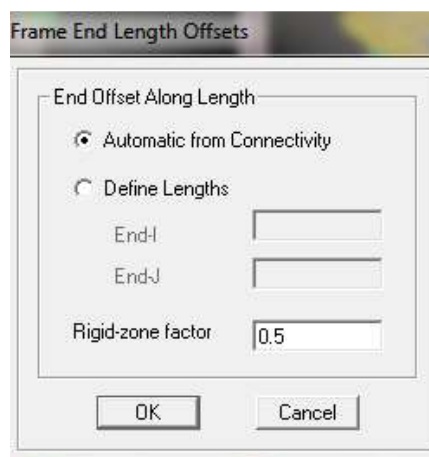
**نکته:** البته نیازی به آزادسازی لنگر تیرهای فوق حول محور محلی ۲ نیست، چون لنگر حول این محور در تیرها همواره صفر است. در ضمن چون در هنگام ترسیم بادبندها پیش فرض برنامه حالت دو سر مفصل است پس نیازی به آزادسازی لنگر بادبندها نیست.

### ۳-۵- اختصاص ضریب ناحیه صلب انتهایی به تیرهای واقع در قاب خمشی (تیرهای جهت X)

اعضای قاب (Frame) به صورت المان های خطی که در نقاطی به یکدیگر متصل شده اند (گره قاب) مدل می شوند. هنگامی که دو المان مثل تیر و ستون در یک گره به هم متصل می شوند مقداری هم پوشانی در اتصال آنها به وجود می آید. که در واقعیت معمولاً نصف این ناحیه مشترک در تغییر شکل ها شرکت کرده و نصف مابقی صلب می باشد.

**نکته:** در سازه های فولادی طبق آیین نامه فقط به تیرهای دو سر گیردار این ضریب اختصاص داده می شود. یعنی نباید به ستون ها، تیرهای دوسر مفصل و همچنین بادبندها این ضریب را اختصاص داد (برعکس سازه های بتنی).

تیرهای جهت X (به جزء تیرهای دوسر مفصل) را انتخاب کرده و سپس دستور Assign-Frame/Line-End(Length)Offsets را اجرا و در جعبه ی Rigid Zone Factor عدد ۰/۵ را وارد کنید.




شکل ۱-۲۵- اختصاص نواحی صلب

### ۳-۶- اختصاص دیافراگم صلب به طبقات سازه



با اختصاص دیافراگم صلب به طبقات، نقاط واقع در هر طبقه به صورت یکپارچه عمل می کنند و بین نقاط سقف حرکتی نسبی ای رخ نخواهد داد. صلبیت کف طبقات به خاطر دال بتنی (معمولاً ۵ سانتی) یکپارچه ای سقف ایجاد می شود. معرفی دیافراگم صلب درجات آزادی طبقه را کاهش می دهد و آن را به ۳ درجه آزادی می رساند (۲ درجه انتقالی در جهت X,Y و یک درجه آزادی دورانی حول محور Z).

کلیه سقف های سازه را انتخاب کرده (Select-by Area Object Type-Floor) و سپس دستور Assign-Shell/Area-Diaphragm را اجرا و از پنجره ی باز شده دیافراگم D1 را انتخاب نمایید.

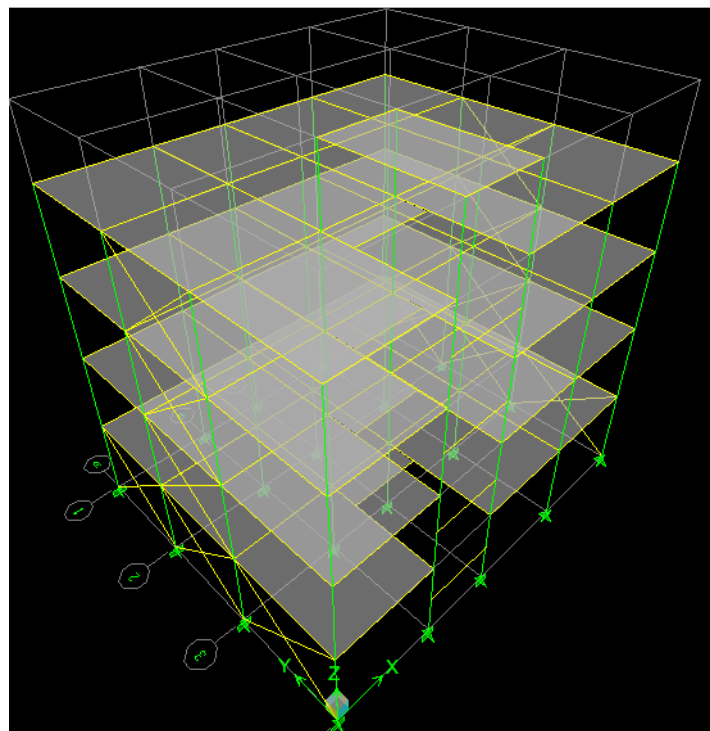
**نکته:** چون در این مرحله از منوی Assign-Shell/Area استفاده می کنیم پس انتخاب دکمه  بلامانع است. البته اگر تیر تراز نیم طبقه نداشته باشیم. پس در این پروژه این راه مجاز نیست.

**توجه:** در برنامه Etabs امکان در نظر گرفتن سقف شبه صلب وجود دارد. در صورت عدم معرفی دیافراگم صلب، برنامه Etabs قادر است با استفاده از سختی غشایی سقف ها، صلبیت سقف را محاسبه کند. در این صورت سقف واقعی مدل شده است.

### ۷-۳- تنظیم تیرریزی سقف ها

برنامه به طور پیش فرض جهت تیرچه ها را در جهت X قرار می دهد اما کاربر می تواند با قضاوت مهندسی خویش جهت تیرچه ها را تغییر دهد. برای این کار پس از انتخاب (با کلیک روی آن ها) پانل هایی که می خواهیم (طبق نقشه معماری) جهت تیرچه ریزی آن ها را تغییر دهیم، دستور Assign-Shell/Area-Local Axes را اجرا و سپس در جعبه ی نوشتاری Angle زاویه قرارگیری تیرچه ها (نسبت به محور x) را ۹۰ درجه وارد کنید. در این پروژه طبق شکل ۱-۱ جهت تیرچه ریزی کل سقف ها در جهت Y است.

پلان سه بعدی سازه هم در زیر قابل مشاهده است:



شکل ۱-۲۶- پلان سه بعدی سازه در نرم افزار

## ۴- بارگذاری سازه


## ۴-۱- بارگذاری عناصر نقطه‌ای


به دلیل نداشتن کنسول، کاربر هیچ بارگذاری نقطه‌ای را به سازه اعمال نخواهد کرد.

## ۴-۲- بارگذاری عناصر خطی

## اعمال بار دیوارهای پیرامونی نمای شمال و جنوب (با نما)

## ۱- اعمال بار دیوارهای پیرامونی با نما به تیرهای پیرامونی

با کلیک بر روی تیرهای پیرامونی شمال و جنوب (تیرهایی که بر روی آن‌ها دیوارهای با سنگ نما وجود دارد) آن‌ها را انتخاب کنید (از جعبه‌ی طبقات مشابه گزینه‌ی  را انتخاب کنید و در پلان یکی از طبقات که مشابه یکدیگرند این انتخاب تیرها انجام شود). توجه شود که تیر B4-C4 (تیر تراز نیم طبقه) را نیز انتخاب کنید.


**توجه:** برای انتخاب تیرهای پیرامونی بهتر است گزینه مغناطیسی مغناطیسی  (Snap to Line Ends and Midpoints) فعال باشد تا تیرها به راحتی انتخاب گردند.

ارتفاع خالص دیوار روی تیر تقریباً برابر ۳ متر است فلذا وزن واحد طول دیوارهای سمت نما به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$311 \times 3 = 933 \cong 950 \text{ kg/m}$$

**توجه:** برای جلوگیری از پیچیده شدن در محاسبات ارتفاع دیوارهای موجود بر روی تیرها، عمق تیر را در این محاسبات مقدار یکسان ۲۰ سانتیمتر برای تمامی طبقات فرض می‌کنیم.


## ۲- اصلاح بار جان‌پناه طبقه بام

به پلان طبقه بام رفته و از جعبه‌ی طبقات مشابه گزینه‌ی  One Story را انتخاب کنید. تیرهای پیرامونی سمت شمال و جنوب را که بار جان‌پناه به آن وارد می‌گردد را انتخاب کنید.

بار جان‌پناه نمادار و بدون نما معمولاً ۳۰ تا ۴۰ کیلوگرم بر مترمربع بیشتر از بار دیوارهای پیرامونی با نما و بدون نما است.

$$351 \times 1 \cong 360 \text{ kg/m}$$

## ۳- اصلاح جرم محاسباتی طبقه بام در مورد وزن نصف ارتفاع دیوارهای شرق و غرب این طبقه


به پلان طبقه بام رفته و از جعبه‌ی طبقات مشابه گزینه‌ی  One Story را انتخاب کنید. در ادامه برای اصلاح بار تیرهای پیرامونی سمت شمال و جنوب طبقه‌ی بام (به جزء تیر تراز نیم طبقه)، آن‌ها را انتخاب و بار زیر را از نوع بار WALL به این تیرها اختصاص دهید:

$$\frac{311 \times 3}{2} \cong 470 \text{ kg/m}$$

**توجه:** جرم‌هایی که در وسط ارتفاع دو طبقه قرار دارند، برنامه نصف وزن این تیر و بار رویش را جزء جرم طبقه بالا و نصف آنرا جزء جرم طبقه پایین محسوب می‌کند. فلذا تقریباً در مورد تیر B4-C4 و دیوار روی آن، مشکلی در اصلاح جرم نیست.

## اعمال بار دیوارهای پیرامونی نمای شرق و غرب (بدون نما)

## ۱- اعمال بار دیوارهای پیرامونی بدون نما به تیرهای پیرامونی شرق و غرب

با کلیک بر روی تیرهای پیرامونی شرق و غرب (تیرهایی که بر روی آن‌ها دیوارهای با سنگ نما وجود ندارد) آن‌ها را انتخاب کنید (از جعبه‌ی طبقات مشابه گزینه‌ی  را انتخاب کنید و در پلان یکی از طبقات که مشابه یکدیگرند این انتخاب تیرها انجام شود).

ارتفاع خالص دیوار روی تیر تقریباً برابر ۳ متر است فلذا وزن واحد طول دیوارهای بدون نما به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$262 \times 3 = 786 \cong 790 \text{ kg/m}$$

## ۲- اصلاح بار جان پناه طبقه بام

به پلان طبقه بام رفته و از جعبه‌ی طبقات مشابه گزینه‌ی ☐ One Story را انتخاب کنید. تیرهای پیرامونی سمت شمال شرق و غرب این طبقه را انتخاب کنید. بار جان پناه نمادار و بدون نما معمولاً ۳۰ تا ۴۰ کیلوگرم بر مترمربع بیشتر از بار دیوارهای پیرامونی با نما و بدون نما است.

$$302 \times 1 \cong 305 \text{ kg/m}$$

## ۳- اصلاح جرم محاسباتی طبقه بام در مورد وزن نصف ارتفاع دیوارهای شمال و جنوب این طبقه

در ادامه برای اصلاح بار تیرهای شرق و غرب طبقه‌ی بام، آنها را انتخاب و بار زیر را از نوع بار WALL به این تیرها اختصاص دهید (از جعبه‌ی طبقات مشابه گزینه‌ی ☐ One Story را انتخاب کنید).

$$\frac{262 \times 3}{2} \cong 400 \text{ kg/m}$$

**نکته:** بار WALL یک بار مجازی است که چون نوع آن Other است در طراحی شرکت نمی‌کند اما در تحلیل شرکت می‌کند.  
**نکته:** اگر ارتفاع دیوارهای زیر طبقه اول، کمتر از ارتفاع دیوار روی طبقه اول باشد در این صورت یک بار منفی WALL باید به تیرهای طبقه اول اعمال کرد تا اختلاف بین بار و جرم را اصلاح کرد که در جهت اطمینان می‌توان این بار WALL را اعمال نکرد تا جرم این طبقه سنگین تر لحاظ گردد.

## ۴- اعمال بار دیوار خرپشته به تیر تراز نیم طبقه در طبقه بام

با کلیک در نمای قاب ۴ این تیر را انتخاب کنید و بار زیر را از نوع مرده به آن وارد کنید:

$$311 \times 3.9 \cong 1220 \text{ kg/m}$$

گزینه Replace در این حالت فعال باشد.

اعمال بار اتاق راه پله

## ۱- اعمال بار مرده و زنده ناشی از اتاق راه پله به تیرهای اصلی

تیرهای B4-C4 تراز نیم طبقه و تیر پایینی پاگرد اتاق راه پله را انتخاب کنید. دستور Assign-Frame/Line loads-Point را اجرا و! از این به بعد تا پایان مرحله بارگذاری خطی، گزینه‌ی Add در بارگذاری فعال باشد.

$$\frac{700 \times 3.3}{2} \times 1.25 \times 0.5 \cong 722 \text{ kg}$$

بار مرده خطی وارد بر تیرهای نیم طبقه

$$\frac{350 \times 3.3}{2} \times 1.25 \times 0.5 \cong 361 \text{ kg}$$

بار زنده خطی وارد بر تیرهای نیم طبقه

شکل ۱-۲۷- بارگذاری پله

## ۲- اعمال بار دیوارهای پیرامونی اتاق راه پله

از جعبه‌ی طبقات مشابه گزینه‌ی **Similar Stories** را انتخاب کنید و در پلان یکی از طبقات که مشابه یکدیگرند تیرهای اطراف اتاق پله (به جزء تیر جنوبی) را انتخاب کنید.

$$260 \times 3 = 780 \text{ kg/m}$$

### ۳- اعمال بار دیوارهای خرپشته به تیرهای مربوط در طبقه بام

چون در هنگام اعمال بار دیوارهای اتاق راه‌پله، گزینه **Similar Stories** فعال بود، بار این دیوارها که بیشتر از بار دیوارهای خرپشته است به تیرهای طبقه بام وارد شد فلذا در جهت اطمینان نیازی به انجام این مرحله نیست.

### ۳-۴ بارگذاری عناصر سطحی

**نکته:** از آنجایی که قسمت‌های بتنی سقف (۵ سانتیمتر دال بتنی + تیرچه) در تعریف مقطع سقف تیرچه بلوک (Deck25) تعریف گردید فلذا وزن آنها جزء بار اسکلت سازه بوده و خود برنامه بار آنها را حساب می‌کند و نباید آنها را دوباره به کف‌ها اعمال کنیم بلکه تنها باید وزن کفسازی و سقف کاذب (در صورت وجود) را به آن وارد کنیم.

#### ۱- بار کف طبقات تیپ

$$533 + 130 \cong 665 - 225 = 440 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$200 \text{ kg/m}^2$$

بار مرده سطحی

بار زنده سطحی

#### ۲- بار کف بام و خرپشته

$$600 - 225 = 375 \text{ kg/m}^2$$

بار مرده سطحی

$$150 \text{ kg/m}^2$$

بار زنده سطحی

در این حالت گزینه‌ی **One Story** را انتخاب کنید و به طبقه بام بروید. گزینه **Replace** فعال باشد.

#### ۳- بار زنده پاگرد راه‌پله

$$533 - 225 \cong 310 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$350 \text{ kg/m}^2$$

بار مرده سطحی

بار زنده سطحی

در این حالت گزینه طبقات مشابه را فعال کرده و به طبقه بام بروید. گزینه **Replace** نیز فعال باشد.

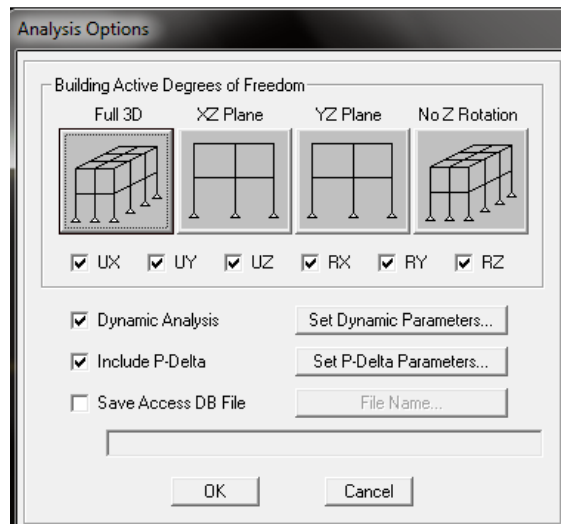
#### ۴- بار نصف دیوارهای داخلی به کف طبقه‌ی بام

کلیه کف‌های طبقه‌ی بام را انتخاب نموده و بار ۶۵ کیلوگرم بر متر مربع را از نوع بار **WALL** به آنها اختصاص دهید. (از جعبه‌ی طبقات مشابه گزینه‌ی **One Story** را انتخاب کنید و در پلان طبقه‌ی بام سطوح را انتخاب کنید). انتخاب کف پاگرد راه‌پله نیازی نیست.

### ۵- تحلیل سازه

#### ۵-۱- تنظیمات پارامترهای تحلیل سازه

دستور **Analyze-Set Analysis Options** را اجرا کنید. سپس مطابق تصاویر زیر عیناً پنجره‌ها را کامل نمایید.

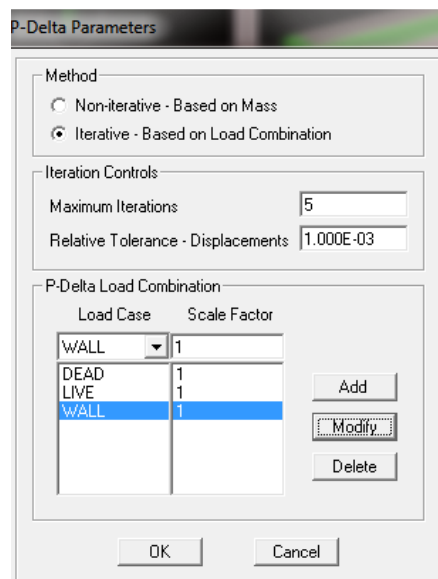


شکل ۱-۲۸- معرفی پارامترهای مورد نیاز جهت تحلیل مدل

**توجه:** با انتخاب Full 3D برنامه اثر پیچش واقعی را در تحلیل سازه در نظر می گیرد. در غیر این صورت اگر بخواهیم اثر پیچش واقعی را در سازه در نظر نگیریم باید تیک گزینه No Z Rotation را برداریم.

**نکته:** در مراحل تحلیل و طراحی سازه های فولادی، ترکیب بار P-Delta همواره بدون ضریب است چون برای طراحی سازه های فولادی طبق آیین نامه ایران روش تنش مجاز حاکم است.

ترکیب بار P-Delta را مطابق آیین نامه ۲۸۰۰ (ص ۱۲۰)، DEAD + LIVE + WALL وارد می کنیم.



شکل ۱-۲۹- معرفی پارامترهای مورد نیاز جهت تحلیل مدل و کنترل نتایج تحلیل (۲۸۰۰)

**نکته:** معمولاً برنامه با ۳ بار تکرار در تحلیل مدل همگرا می شود منتهی در جهت اطمینان مقدار تکرار را ۵ در نظر می گیریم.

**توجه:** در تحلیل استاتیکی معادل برای مشاهده کردن زمان تناوب اصلی محاسبه شده ساختمان توسط برنامه (یعنی از روش تئوری)، می توان گزینه Dynamic Analysis را فعال کرد و پس از کلیک بر روی Set Dynamic Parameters فقط تعداد مود را یک قرار داد و بعد از سازه تحلیل گرفت و در قسمت Show Mode Shape مقدار زمان تناوب اصلی ساختمان را خواند. در این پروژه برنامه آن را ۱/۸۴۵۲ ثانیه محاسبه کرده است.


**نکته:** طبق تبصره ۱ بند ۳-۲-۶ آیین نامه ۲۸۰۰، می توان زمان تناوب اصلی ساختمان را با استفاده از روشهای تحلیلی (یا کامپیوتری که پس از تحلیل سازه توسط نرم افزار قابل مشاهده است (روش تئوری)) یا رابطه ۲-۸ به دست آورد مشروط بر آنکه مقدار آن از

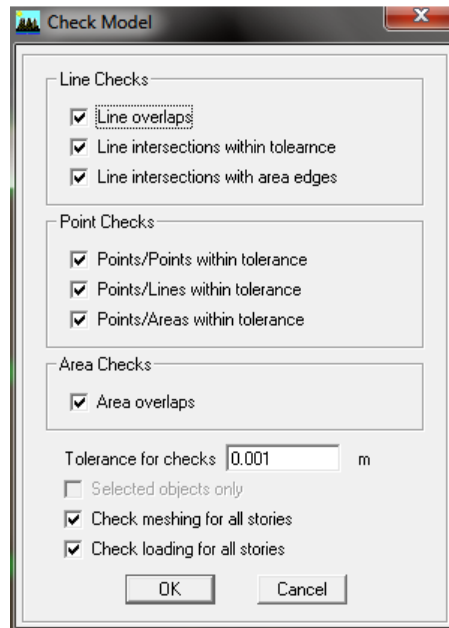
۱/۲۵ برابر زمان تناوب به دست آمده از روابط تجربی بیشتر نشود. از آن جایی که در بیشتر پروژه‌ها پریود تحلیلی یا تئوری از پریود تجربی (تقریبی) بیشتر است، از حداکثر مقدار پریود (۱/۲۵ پریود تجربی) استفاده می‌کنیم.

$$T = 1.25 \times 0.54 = 0.675 \text{ sec} < 1.8452 \Rightarrow T = 0.675 \text{ sec}$$

$$T = 1.25 \times 0.34 = 0.425 \text{ sec} < 1.8452 \Rightarrow T = 0.425 \text{ sec}$$

## ۲-۵- کنترل مدل سازی


قبل شروع تحلیل مدل برای مرتب شدن شماره‌های اعضا روی گزینه‌ی  کلیک و سپس دستور Edit-Auto Relabel All ... اجرا کنید. سپس دستور Analyze-Check Model را اجرا نمایید. در پنجره‌ی ظاهر شده به جزء گزینه‌ی Selected Objects، Only، سایر گزینه‌ها را مطابق تصویر ۳۰-۱ فعال کنید.



شکل ۳۰-۱- کنترل ترسیمی مدل

در صورتی که در مدل اشکالی از لحاظ ترسیمی، عدم همپوشانی، ترسیم اعضا روی هم و ... مشاهده شود، پیغام خطا صادر می‌شود که در این صورت باید مشکلات مدل‌سازی را رفع کنید. در صورت عدم مشاهده‌ی اشکال، نرم‌افزار پیغام: Model Has Been Checked, No Warning Messages را می‌دهد. که در این پروژه به همین ترتیب بوده است.

## ۳-۵- شروع تحلیل

سپس دستور Analyze-Run Analysis را اجرا و یا بر روی گزینه‌ی  کلیک کنید.

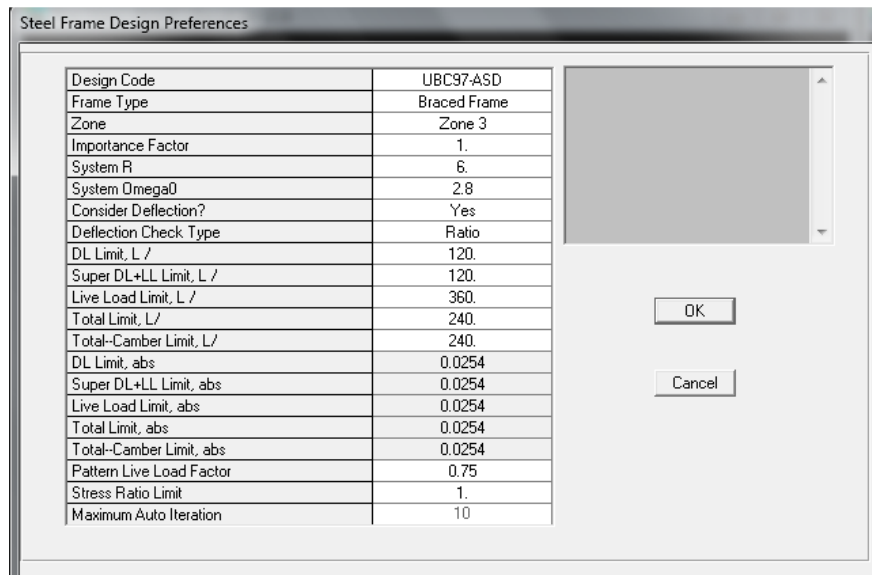
**توجه:** در سازه‌های فولادی بر خلاف سازه‌های بتنی، نتایج آنالیز را بعد از مشخص شدن مقاطع نهایی اعضا انجام می‌دهیم.

## ۶- طراحی ساختمان فولادی

### ۱-۶- تنظیم پارامترهای طراحی

دستور Option-Preferences-Steel Frame Design را اجرا کنید. سپس آیین‌نامه UBC97-ASD را از جعبه اول انتخاب کنید. بقیه گزینه‌ها را نیز عیناً کامل کنید.

**توجه:** آیین‌نامه ۲۸۰۰، ضریب رفتارهای سازه‌های فولادی را بر اساس طراحی سازه‌های فولادی به روش تنش مجاز ارائه داده است.



شکل ۱-۳۱- تنظیم پارامترهای طراحی

**توجه:** برای تمامی قاب‌های فلزی (چه قاب ساده با مهاربند در هر دو راستا، چه قاب خمشی متوسط و چه دوگانه یا ترکیبی)، بهتر است نوع قاب را قاب مهاربندی (Braced Frame) انتخاب کرد. در این صورت تمامی تنظیمات قاب خمشی متوسط به طور دست بالاتر هم به روی سازه اعمال شده است. حالت Braced Frame نسبت به قاب خمشی متوسط بحرانی تر و در جهت اطمینان می باشد.

**توجه:** مبحث دهم خیز را بر اساس نسبتی از طول دهانه محدود می کند (برای بار زنده  $1/360$  طول دهانه و برای بار مرده بعلاوه زنده  $1/240$  طول دهانه). بنابراین در قسمت Deflection Check type روش کنترل خیز را به صورت نسبی (Ratio) انتخاب نمائید که محدودیت‌های پیش فرض برنامه با مقادیر مجاز مبحث دهم باشد.

**توجه:** مناطق لرزه خیزی بر اساس آیین نامه UBC-97:

$$zone = \begin{cases} zone0 \Rightarrow \text{خطر صفر} \\ zone1 (UBC97) \rightarrow zone4(2800) \Rightarrow \text{خطر کم} \\ zone2 (UBC97) \rightarrow zone3(2800) \Rightarrow \text{خطر متوسط} \\ zone3 (UBC97) \rightarrow zone2(2800) \Rightarrow \text{خطر زیاد} \\ zone4 (UBC97) \rightarrow zone1(2800) \Rightarrow \text{خطر خیلی زیاد} \end{cases}$$

پس قائمشهر طبق آیین نامه ۲۸۰۰، zone2 و طبق UBC97، zone3 می باشد.

**توجه:** مقدار System R برابر مینیمم مقدار ضریب رفتار دو جهت سازه است.

**توجه:** مقدار ضریب Utilization Factor Limit مستقل از نوع آیین نامه است بلکه به قضاوت مهندسی وابسته است. اما آیین نامه مقدار حداکثر آن را یک معرفی می کند.


**نکته:** چون اختصاص مقاطع به صورت خودکار است، سه حالت در انتخاب مقاطع نهایی تیرها، ستون‌ها و بادبندها پیش می آید:

الف) اقتصادی و ایمن.

ب) ضعیف. که در این صورت برنامه به طور خودکار مقاطع قوی تری را اختصاص داده و سازه را مجدداً تحلیل می گیرد.

ج) غیر اقتصادی و ایمن. که در این صورت برنامه به طور خودکار مقاطع ضعیف تری را اختصاص داده و سازه را مجدداً تحلیل می گیرد.

### ۲-۶- معرفی پروسه طراحی قاب فولادی

روی گزینه‌ی  کلیک کنید و پس از آن دستور Design-Overwrite Frame Design Procedure را اجرا و در پنجره‌ی ظاهر شده گزینه‌ی Steel Frame Design را انتخاب کنید و بر روی OK کلیک نمایید تا برنامه کلیه اعضا فولادی را طراحی کند.

**نکته:** اگر این کار را انجام ندهیم باز هم برنامه سازه را طراحی می‌کند ولی خوبی این کار این است که اگر به عضوی را از روی فراموشی مقطع فولادی اختصاص نداده باشیم برنامه هنگام اجرای طراحی یک Error می‌بندد بر این که بعضی از اعضا فولادی نیستند اراده می‌دهد.

### ۳-۶- کنترل ترکیب بارهای طراحی

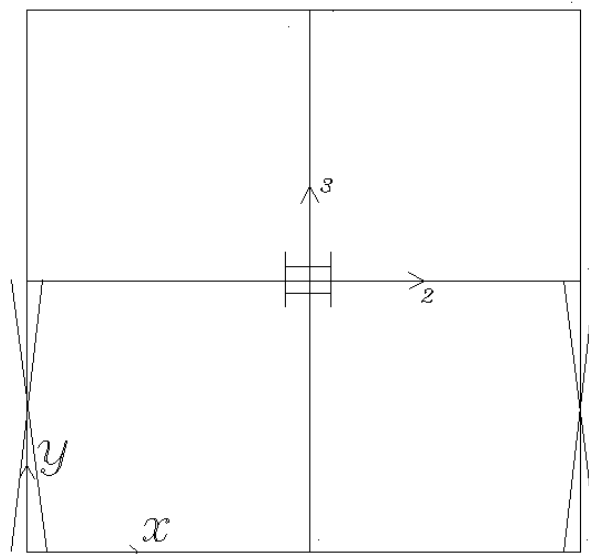
دستور Design-Steel Frame Design-Select Design Combo را اجرا و سپس پنجره‌ی Strength را انتخاب و از جعبه‌ی Design Combo کل ترکیب بارهای پیش فرض برنامه را انتخاب و سپس Remove کرده و ترکیب بارهای Comb1 الی Comb25 را انتخاب و Add می‌کنیم.

در ادامه پنجره‌ی Deflection را انتخاب و از جعبه‌ی Design Combo کل ترکیب بارهای پیش فرض برنامه را انتخاب و سپس Remove کرده و ترکیب بار DEFLECTION را برای کنترل خیز انتخاب و Add می‌کنیم.

### ۴-۶- تنظیم پارامترهای طراحی ستون‌ها

**نکته:** توجه داشته باشید که سازه در جهت X قاب خمشی و در جهت Y به صورت مهاربندی است. قاعدتاً سازه باید یکبار بر اساس ضوابط قاب خمشی و بار دیگر باید بر اساس ضوابط مهاربندی همگرا در جهت Y طراحی شود. توجه شود که ستون‌ها اعضایی هستند که باید در دو جهت طراحی شوند، اما تیرها و بادبندها تنها در یک جهت (جهتی که وجود دارند) طراحی می‌شوند. اما در جهت اطمینان ستون‌ها را در هر دو جهت بر اساس Braced Frame طراحی می‌کنیم.

ستون‌های سازه را با دستور Select-by Line Object Type-Column-OK انتخاب کنید. سپس دستور Design-Steel Frame Design-View/Revise Overwrites را اجرا و در پنجره‌ی ظاهر شده تیک Frame Type را زده و گزینه‌ی Braced Frame را انتخاب کنید.



شکل ۱-۳۲- تنظیم پارامترهای طراحی ستون

**توجه:** برنامه همواره محور قوی مقطع را محور ۳ و محور ضعیف مقطع را محور ۲ می‌شناسد.



تیک (Effective Length Factor (K Minor=K22) (ضریب طول موثر ستون در جهت مهاربندی) را نیز زده و مقدار ۱ را تایپ کنید.

مقدار Effective Length Factor (K Major=K33) (ضریب طول موثر ستون در جهت قاب خمشی) را وارد نمی کنیم تا در مرحله طراحی توسط برنامه محاسبه شود. (در حدود ۱ تا ۲/۲ است).

مقدار Moment Coefficient (Cm Minor=Cm22) (ضریب لنگر ستون در جهت مهاربندی) را وارد نمی کنیم تا در مرحله طراحی توسط برنامه محاسبه شود.

تیک Moment Coefficient (Cm Major=Cm33) (ضریب لنگر ستون در جهت قاب خمشی) را نیز زده و مقدار ۰/۸۵ را تایپ کنید.

**نکته:** اگر در مقابل پارامترهای آیین نامه ای عدد صفر را وارد نمائید، برنامه در زمان طراحی از مقادیر پیش فرض استفاده می کند (مانند محاسبه  $K$ ،  $C_m$  و ...) یا در صورت نیاز، خودش محاسبه می کند (مانند محاسبه تنش های مجاز).

#### ۵-۶- تنظیم پارامترهای طراحی تیرها در سیستم قاب خمشی (تیرهای جهت X)

کلیه ی تیرهای جهت X را انتخاب کنید (BeamX). سپس دستور Design-Steel Frame Design-View/Revise Overwrites را اجرا و در پنجره ی ظاهر شده:

۱- تیک Frame Type را زده و گزینه ی Braced Frame را انتخاب کنید. تیک Unbraced Length Ratio (Minor,LTB) (نسبت طول مهار نشده تیرها) را نیز زده و یک مقدار کوچک (۰/۰۱) را تایپ کنید. وارد کردن مقدار صفر به معنی استفاده برنامه از مقدار پیش فرض بوده که پیش فرض برنامه مقدار یک است که تیر را فاقد مهار جانبی در نظر می گیرد.

**نکته:** از آنجایی که تیرهای سازه در داخل بتن سقف مدفون هستند، می توان در طراحی آنها از کماتش جانبی صرف نظر نمود. یعنی می توان فرض نمود که این تیرها با اتکا جانبی هستند.

**توجه:** تیرهایی که به کف متصل نیستند و در واقع در بتن سقف مدفون نیستند به صورت مهار نشده بوده و نسبت طول مهار نشده آنها یک می باشد. یعنی در این پروژه تیر B4-C4 در تمامی طبقات به جزء تیر سقف خرپشته چنین شرایطی را داراست:

$$\text{Unbraced Length Ratio (Minor,LTB)}=1$$

۲- با توجه به این که مقاطع تیر فشرده هستند (به دلیل نورد شده (کارخانه ای) بودن آنها) می توان به صورت دستی تنش مجاز خمشی حول محور اصلی ( $F_{b33}$ ) را برابر  $0.66F_y$  وارد نمود. اما در صورت استفاده از مقاطع لانه زنبوری در طراحی و همچنین در جهت اطمینان از  $0.6F_y$  استفاده می کنیم. بدین منظور گزینه های Minor Bending Stress,  $F_{b2}$  و Major Bending Stress,  $F_{b3}$  را فعال و عدد  $0.6F_y = 0.6 \times 2400e4 = 1440e4 \text{ kg/m}^2$  را وارد کنید. توجه شود از آنجایی که مقاطع سازه به صورت مقاطع عمومی معرفی کردیم برنامه آنها را غیر فشرده می شناسد و تنش مجاز خمشی را در صورتی که آنها را دستی تغییر ندهیم به طور خودکار  $0.6F_y$  می شناسد.

۳- برای تعیین عدم وجود پیش خیز در تیرها گزینه Specified Camber را فعال نموده و مقدار صفر را وارد کنید (پیش فرض برنامه مقدار صفر می باشد).

#### ۶-۶- تنظیم پارامترهای طراحی تیرها در سیستم قاب ساده (تیرهای جهت Y)

۱- کلیه تیرهای جهت Y را انتخاب کنید (BeamY). همچنین کلیه تیرهای دو سر مفصل سازه (حتی در جهت X) را انتخاب کنید. سپس دستور Design-Steel Frame Design-View/Revise Overwrites را اجرا و در پنجره‌ی ظاهر شده تیک Frame Type را زده و گزینه‌ی Ordinary MRF را انتخاب کنید.

**نکته:** از آنجایی که تیرهای دو سر مفصل نیروی زلزله‌ای را نمی‌گیرند پس نوع (Ordinary MRF) را برای آنها انتخاب می‌کنیم. چون برای قاب‌های معمولی، طرح لرزه‌ای توسط برنامه انجام نمی‌گیرد و مقاطع تیرهای جهت Y اقتصادی می‌شوند.

۲- در ضمن مثل تیرهای جهت X، تیرهای جهت Y سازه نیز در داخل بتن سقف مدفون هستند، که می‌توان در طراحی آنها از کماتش جانبی صرف‌نظر نمود. یعنی می‌توان فرض نمود که این تیرها با اتکا جانبی هستند. اما در مورد این تیرها نیازی به تغییر مقدار Unbraced Length Ratio (Minor,LTB) نیست، چون این تیرها اصلاً نیروی زلزله‌ای نمی‌گیرند. هر چند که می‌توان ضریب ۰/۰۱ را به آنها هم اختصاص داد.

۳- گزینه‌های Minor Bending Stress, Fb2 و Major Bending Stress, Fb3 را فعال و عدد  $0.6F_y = 0.6 \times 2400e4 = 1440e4 \text{ kg/m}^2$  را وارد کنید.

#### ۶-۷- تنظیم پارامترهای طراحی مهاربندها

کلیه‌ی بادبندهای سازه را انتخاب کنید (Brace). سپس دستور Design-Steel Frame Design-View/Revise Overwrites را اجرا و در پنجره‌ی ظاهر شده تیک Frame Type را زده و گزینه‌ی Braced Frame را انتخاب کنید. تیک Unbraced Length Ratio (Major) (نسبت طول مهار نشده تیرها) را نیز زده و مقدار ۰/۵ و تیک Unbraced Length Ratio (Minor,LTB) (نسبت طول مهار نشده تیرها) را نیز زده و مقدار ۰/۷ را تایپ کنید.

**توجه:** طبق بند ۱۰-۳-۹-۲-۳-۲ مبحث دهم (ص ۳۹۲)، در صورتی که در محل تقاطع بادبندهای ضربدری اتصال کافی وجود داشته باشد، ضریب طول موثر اعضا بادبند در صفحه مهاربندی برابر ۰/۵ و در جهت عمود بر صفحه مهاربندی برابر ۰/۷ است.

#### ۶-۸- شروع طراحی ساختمان

با اجرای دستور Design-Steel Frame Design-Start Design/Check Of Structure طراحی ساختمان را شروع کنید. پس از پایان طراحی در صورتی که مقاطع تعریف شده در لیست انتخاب خودکار ضعیف باشد و برنامه به مقاطع بزرگتری نیاز داشته باشد، پیغامی مبنی بر اینکه نسبت نیرو به ظرفیت برای n مقطع از یک بیشتر شده را نمایش می‌دهد و از کاربر می‌پرسد که آیا می‌خواهید آنها را برای شما انتخاب کنم یا خیر، که انتخاب کردن یا نکردن آنها فرقی برای ما ندارد فلذا بر روی دکمه‌ی NO کلیک می‌کنیم. پس از آن برنامه نام مقاطع انتخابی کل سازه را به همراه کانتور رنگیشان نمایش می‌دهد. این n مقطع با رنگ قرمز نمایش داده می‌شوند.

پس از طراحی سازه برای دیدن نتایج طراحی باید ابتدا گزینه‌های Design Output را بشناسیم:

#### ۱- P-M Ratio Colors & Values

نسبت نیروی محوری و خمشی بحرانی به ظرفیت را برای تیرها، ستون‌ها و بادبندها نمایش می‌دهد. با عملیات سعی و خطا باید مقاطع نهایی تیرها، ستون‌ها و بادبندها را طبق گام‌های زیر تعیین کرد.

**توجه:** ابتدا برای اینکه متوجه شویم تعداد ۱۰ تکرار برای یکسان شدن نتایج تحلیل و طراحی کافی بوده است دستور Design-Steel Frame Design-Verify Analysis vs Design section را اجرا باید کرد.

### گام ۱- کنترل و بررسی انتخاب مقطع مهاربندها توسط برنامه

توجه: برنامه Etabs در طراحی مقطع مهاربندها ضعف دارد. اگر مقاطع بادنبدی را (که در این پروژه دویل ناودانی و فشرده است) General معرفی کنیم شکل هندسی آن را برنامه نمی شناسد فلذا پیغام غیرفشرده گی می دهد (با راست کلیک کردن و کلیک بر روی Details این پیغام قابل مشاهده است). آیین نامه UBC می گوید که این مقاطع باید فشرده باشند به همین ترتیب برنامه مقطع اول (ضعیف تر) را اختصاص داده و سپس آن را حذف و به همین ترتیب سایر مقاطع بادنبدی را تا بالاترین مقطع اختصاص می دهد. از این جهت مقاطع بادنبدی غیر اقتصادی هستند.

اولین گام بعد طراحی، اصلاح بادنبدی می باشد. برای این کار ابتدا کلیه بادنبدی های سازه را انتخاب و سپس دستور Design-Steel Frame Design-Make Auto Select Section Null را اجرا کنید تا عمل انتخاب خودکار مقاطع بادنبدی توسط برنامه خاموش گردد و کاربر بتواند به طور دستی آنها را تغییر دهد. پس از اجرای این دستور برنامه پیغامی می دهد مبنی بر اینکه آیا می خواهید عمل انتخاب خودکار برای این اعضاء خاموش گردد یا خیر که ما بر روی دکمه OK باید کلیک کنیم.

با راست کلیک کردن روی هر عضو یا با انتخاب کلیه مقاطع و اجرای دستور Design-Steel Frame Design-Change Design Section مقاطع جدید را اختصاص می دهیم. پس از چند بار سعی و خطا مقاطع نهایی انتخاب خواهند شد.

**توجه:** از آنجایی که مقاطع تحلیل و طراحی باید یکسان باشد، پس از اختصاص مقاطع جدید باید مجدداً سازه را تحلیل و سپس طراحی کنید.

### گام ۲- کنترل و بررسی مشکل ستون های متصل به مهاربندها در طبقه همکف و رفع مشکل آنها

ستون های متصل به بادنبد معمولاً تحت کشش و فشار زیادی در اثر وجود بادنبدی قرار می گیرند به طوری که نسبت نیرو به ظرفیت این ستون ها نسبت به سایر ستون ها به طور غیرعادی بالا می باشد. با راست کلیک کردن بر روی این ستون ها پس از طراحی سازه، عبارت Special Combo مشاهده می شود که بیانگر همین موضوع است. برای رفع این مشکل یا می توان مقطع این ستون ها را یا خیلی بالا گرفت که این گزینه غیر اقتصادی (هم برای خود ستون و هم برای فونداسیون) است. یا می توان فقط دو عدد بادنبد در دو سمت بادنبد موجود در طبقه همکف قرار داد. پس از رفع این مشکل عبارت Special Combo ناپدید خواهد شد.

برای اختصاص بادنبدی ها، ابتدا باید قفل برنامه را شکسته و مقطع بادنبدی را ترسیم و سپس پارامترهای طراحی بادنبد (طبق بند ۶-۷) را در مورد این بادنبدی ها جدید تکرار کرد.

**توجه:** اگر این مشکل پس از اضافه کردن بادنبدی های جدید در طبقه همکف حل نشد، آنگاه می توان بادنبدی های جدید را تا طبقات بالاتر ادامه داد.

**نکته کلی ۱:** اگر مقاطع تیرهای یا ستون های موجود در سازه، جوابگو نبود، می توان پس از شکستن قفل برنامه، با اضافه کردن مقاطع جدید به لیست انتخاب خودکار تیرها و ستون ها سازه را مجدداً تحلیل و طراحی کرد. یا اینکه کلیه اعضاء را از حالت انتخاب خودکار خارج و سپس مقاطع ضعیف را به طور دستی تغییر داد.

**نکته کلی ۲:** برنامه اجرایی بودن مقطع ستون ها را تشخیص نمی دهد، مثلاً این تشخیص را ندارد که نمی توان مقطع بزرگتر را روی مقطع کوچکتر اجرا کرد. پس این کنترل با کاربر است.

**نکته کلی ۳:** اجرای دویل ستون هایی که دارای تسمه هستند بر روی دویل ستون هایی که ورق تقویتی سراسری دارند، اشکالی ندارد.

**نکته کلی ۴:** تا حد امکان بهتر است مقاطع را مقارن طراحی کرد تا جوشکار در اجرا دچار مشکل نشود.

### گام ۳- کنترل خیز تیرها

طبق بند ۱۰-۱۲-۳ مبحث دهم، خیز حداکثر تیرها تحت بار زنده (LIVE)، برابر  $L/360$  و تحت بار مرده و زنده (DEAD+LIVE) برابر  $L/240$  است.

برای این کنترل دستور Display-Show Member Forces/Stress Diagram-Frame/Pier/Spandrel Forces را اجرا و در قسمت Component نیروی برشی در امتداد محور محلی ۲ (Shear 2-2) را انتخاب و بر روی دکمه OK کلیک کنید. حال با کلیک راست روی هر تیر، پنجره‌ای شامل نمودارهای بارگذاری، برش، لنگر و تغییرات خیز در طول تیر نمایش داده می‌شود. توجه شود که چون مقطع تیرها در هر طبقه ثابت است، در هر طبقه فقط تیرهای بحرانی را بررسی می‌کنیم. چون اگر آنها جوابگو بودند سایر تیرها حتماً جوابگو خواهند بود.

#### ۲- P-M Colors/Beam Shear Force

با این گزینه برش موجود برای طراحی اتصالات تیرها را می‌توان به دست آورد. مقدار نیروی برشی تیرها را در تکیه‌گاه (در اینجا در آکس ستون منظور است، چون ضریب ۰/۵ را برای ناحیه صلب انتهایی در ستون‌ها تخصیص ندادیم) نمایش می‌دهد.

#### ۳- P-M Colors/Brace Axial Force

با این گزینه نیروی محوری موجود برای طراحی اتصالات بادبندها را می‌توان به دست آورد. مقدار نیروی محوری بادبندها را نمایش می‌دهد.